

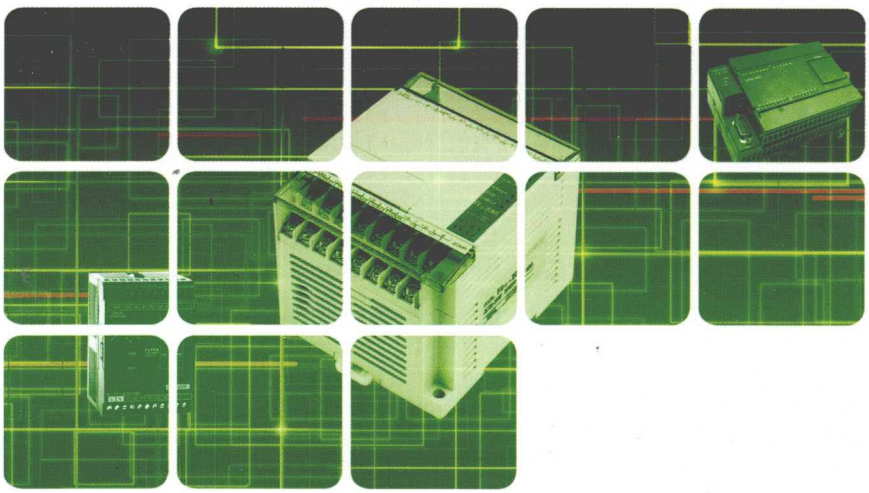
PLC
快速入门与实践

黄安春　主　编
潘洪坤　张景松　副主编

中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

联系电话　010 - 63412395
投稿信箱　liuchi1030@163.com

PLC快速入门与实践



本书主要介绍了三菱FX2N系列PLC、西门子S7-200系列PLC、欧姆龙CQM1H系列PLC的特点与应用。全书共分四篇十一章，主要内容包括PLC的基本结构及工作原理，三菱FX2N系列PLC、西门子S7-200系列PLC、欧姆龙CQM1H系列PLC的基本指令及它们在电气控制系统中的应用等。

本书具有较强的实践性，突出学生实际应用能力的培养，所选的实例具有代表性，充分体现高等职业院校工学结合的教学特色，适合从事单片机、PLC嵌入式开发的人员使用，同时也适合高等职业技术学院自动化及相关专业的学生使用。

中国电力出版社
刮开涂层
查询真伪

ISBN 978-7-5123-3830-2
9 787512 338302
定价：29.80 元
上架建议：自动化技术

PLC
快速入门与实践

主　编　黄安春
副主编　潘洪坤　张景松
参　编　王秋菊　陈晓娟
主　审　殷建国

中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

内 容 提 要

本书主要介绍了三菱 FX2N 系列 PLC、西门子 S7-200 系列 PLC、欧姆龙 CQM1H 系列 PLC 的特点与应用。全书共分四篇十一章，主要内容包括 PLC 的基本结构及工作原理，三菱 FX2N 系列 PLC、西门子 S7-200 系列 PLC、欧姆龙 CQM1H 系列 PLC 的基本指令及它们在电气控制系统中的应用等。

本书具有较强的实践性，突出学生实际应用能力的培养，所选的实例具有代表性，充分体现高等职业院校工学结合的教学特色，适合从事单片机、PLC 嵌入式开发的人员使用，同时也适合高等职业技术学院自动化及相关专业的学生使用。

图书在版编目（CIP）数据

PLC 快速入门与实践 / 黄安春主编. —北京：中国电力出版社，2012.12

ISBN 978-7-5123-3830-2

Ⅰ. ①P… Ⅱ. ①黄… Ⅲ. ①plc 技术－高等职业教育－教材 Ⅳ. ①TM571.6

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2012）第 299969 号

中国电力出版社出版、发行

（北京市东城区北京站西街 19 号 100005 http://www.cepp.sgcc.com.cn）

汇鑫印务有限公司印刷

各地新华书店经售

*

2013 年 4 月第一版 2013 年 4 月北京第一次印刷

787 毫米×1092 毫米 16 开本 14.5 印张 342 千字

印数 0001—3000 册 定价 29.80 元

敬 告 读 者

本书封底贴有防伪标签，刮开涂层可查询真伪

本书如有印装质量问题，我社发行部负责退换

版 权 专 有 翻 印 必 究

前言

PLC 是在继电接触器逻辑控制基础上发展而来的。它是以微处理器为核心，综合计算机技术、自动控制技术和通信技术发展起来的一种新型工业自动控制装置。经过 30 多年的发展，在工业生产中获得了极其广泛地应用。目前，PLC 已成为工业自动化领域中最重要、应用最广泛的控制装置之一，居工业生产自动化三大支柱（PLC、机器人、计算机辅助设计与制造）之首。其应用的深度和广度成为衡量一个国家工业自动化程度高低的标志。

本书主要介绍目前常用的三种可编程序控制器，结合实际应用，设计了四篇：第一篇 PLC 基础，主要包括 PLC 的工作原理及构成，各种 PLC 的特点；后面三篇分别是三菱 FX2N 系列 PLC 的特点与应用，西门子 S7-200 系列 PLC 的特点与应用，欧姆龙 CQM1H 系列 PLC 的特点与应用，内容涉及三种 PLC 的基本结构，基本指令，并对典型电气控制系统进行分析，给出 8～10 个应用实例。

本书融合了 FX2N 系列、S7-200 系列、CQM1H 系列可编程序控制器打破传统的以某种 PLC 为主教材模式，重点突出学生实际应用能力的培养，所选项目均为典型的 PLC 应用控制系统，具有代表性，能够满足课程知识点的要求；同时以技术应用为中心，拓展理论知识，培养学习与技术应用能力，有利于提高学生的可持续发展能力。参与编写的人员既有高等职业院校的教师，也有相关企业具有丰富经验的工程师，充分体现了高等职业教育校企合作、工学结合的特色，也是为培养符合社会和企业需要的高技能应用性人才进行探索。

本书由大连职业技术学院的黄安春担任主编，由大连职业技术学院的潘洪坤、张景松担任副主编，由大连职业技术学院电气电子工程学院院长殷建国担任主审，并为本书的编写工作提供了宝贵的建议。第一、二篇由潘洪坤编写；第三篇由张景松、王秋菊编写；第四篇由黄安春、陈晓娟编写。

限于编者水平，书中难免存在疏漏之处，敬请广大读者批评指正。

编　者

2013 年 3 月

目 录

前言

第一篇 PLC 基础

第一章 PLC 概述……3
第一节 PLC 的产生……3
第二节 PLC 的定义……4
第三节 PLC 控制功能及特点……4
第四节 PLC 的分类及发展……7
第二章 PLC 的构成及工作原理……11
第一节 PLC 的基本组成……11
第二节 PLC 的工作原理……15
思考题一……18

第二篇 三菱 FX2N 系列 PLC 的特点与应用

第三章 概述……23
第一节 种类、性能、规格及组成……24
第二节 内部编程元件及其功能……32
第四章 基本指令……41
第五章 基本指令的应用……57
第一节 三相交流异步电动机正/反转 PLC 控制……57
第二节 三相异步电动机减压启动、可逆运行、反接制动的 PLC 控制……60
第三节 两台或多台电动机顺序启动……61
第四节 车间两条顺序相连的传送带……63
第五节 三相交流异步电动机Y—△降压启动可逆运行的 PLC 控制……65
第六节 报警电路的 PLC 控制……67
第七节 工作台自动往返 PLC 控制……69
第八节 拉伸缠绕包装机的 PLC 控制……75
思考题二……77

第三篇　西门子 S7-200 系列 PLC 的特点与应用

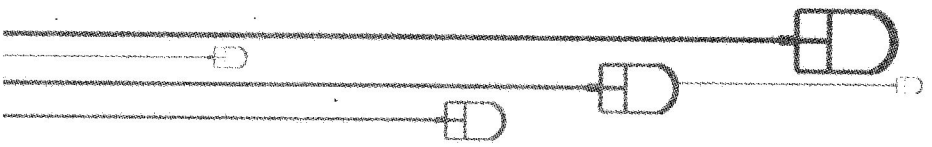
第六章　西门子 S7-200 系列 PLC 的概述 ····· 81
第一节　S7-200 PLC 系统组成 ····· 81
第二节　S7-200 PLC 的性能特点及基本功能 ····· 85
第三节　S7-200 PLC 的内部资源及寻址方式 ····· 92
第四节　S7-200 PLC 的编程语言和程序结构 ····· 102
第七章　S7-200 PLC 基本指令与应用指令 ····· 107
第一节　位操作指令 ····· 107
第二节　数据处理指令 ····· 119
第三节　运算指令 ····· 125
第四节　转换指令 ····· 130
第五节　程序控制指令 ····· 132
第六节　特殊指令 ····· 134
第八章　西门子 S7-200 系列 PLC 基本指令的应用 ····· 146
第一节　运料小车延时正/反转控制 ····· 146
第二节　电动机星形—三角形降压启动控制 ····· 149
第三节　传送带式运输机可重复顺序启动、逆序停止控制 ····· 150
第四节　顺序控制指令的应用 ····· 152
第五节　运料小车自动装料、卸料控制过程 ····· 155
第六节　四组抢答器程序设计 ····· 156
第七节　单按钮控制彩灯循环 ····· 161
第八节　洗衣机自动控制程序设计 ····· 162
第九节　高速计数器应用程序——自动打包机控制系统 ····· 167
第十节　人行交通信号灯控制 ····· 169
思考题三 ····· 173

第四篇　欧姆龙 CQM1H 系列 PLC 的特点与应用

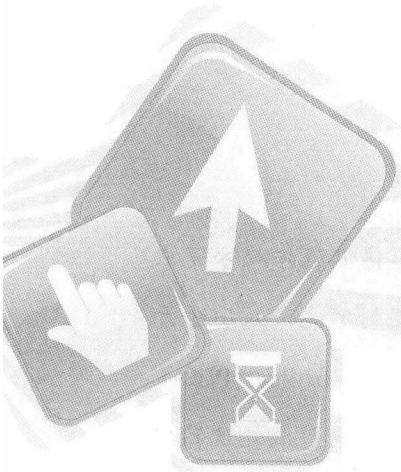
第九章　欧姆龙 CQM1H 系列 PLC 的概述 ····· 177
第一节　CQM1H 系列 PLC 的系统配置及 I/O 通道分配 ····· 177
第二节　CQM1H 系列 PLC 的内部编程元件及其功能 ····· 178
第十章　欧姆龙 CQM1H 系列 PLC 的基本指令 ····· 185
第一节　CQM1H 系列 PLC 基本指令概述 ····· 185
第二节　CQM1H 系列 PLC 的基本指令 ····· 186
第十一章　欧姆龙 CQM1H 系列 PLC 的基本指令应用 ····· 203
第一节　将 TR 指令编程的电路改用 IL/ILC 指令编程的电路 ····· 204
第二节　具有软互锁—硬互锁的三相异步电动机正/反转控制电路 ····· 205

第三节　三相异步电动机Y—△减压启动控制电路……207
第四节　三相异步电动机带变压器桥式整流能耗制动控制电路 ……210
第五节　三相绕线转子异步电动机串电阻起动电路……211
第六节　两台电动机顺序延时启动、逆序延时停止控制电路 ……214
第七节　水塔供水系统的 PLC 控制……216
第八节　一处卸料的运料小车的自动往复控制……220
思考题四……222

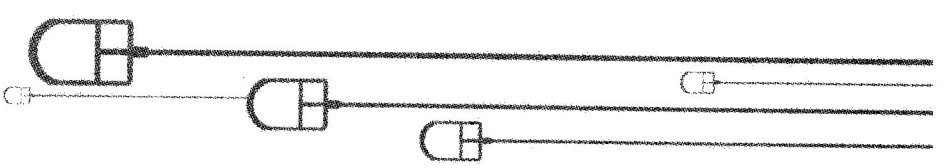
参考文献……224



第一篇



PLC 基 础



早期的可编程序控制器是为取代继电器控制线路，采用存储程序指令完成顺序控制而设计的，它仅有逻辑运算、计时、计数等顺序控制功能，只用于开关量控制，也称为可编程序逻辑控制器（Programmable Logic Controller，PLC）。

进入 20 世纪 70 年代，随着微电子技术的发展，PLC 采用通用微处理器之后，就不限于当初的逻辑运算了。因此，目前称为可编程序控制器（Programmable Controller，PC），但是为了与个人电脑（Personal Computer）区分，仍然沿用以前的简称，即 PLC。

第一章 PLC概述

PLC是在继电接触器逻辑控制基础上发展而来的。它是以微处理器为核心，综合计算机技术、自动控制技术和通信技术发展起来的一种新型工业自动控制装置。经过30多年的发展，在工业生产中获得了极其广泛地应用。目前，PLC已成为工业自动化领域中最重要、应用最广泛的控制装置之一，居工业生产自动化三大支柱（PLC、机器人、计算机辅助设计与制造）之首。其应用的深度和广度成为衡量一个国家工业自动化程度高低的标志。

由于其特殊的性能，有逐步取代继电接触器逻辑控制的趋势，在电气控制领域已得到广泛应用。本章主要介绍PLC的历史、发展趋势、结构和功能特点，简要阐述PLC的编程语言、工作方式及分类，并与继电接触器控制系统进行比较。

第一节 PLC的产生

20世纪60年代末，美国最大的汽车制造商通用汽车公司（GM），为了适应汽车型号不断更新的需求，想寻找一种方法，以尽可能减少重新设计继电接触器控制系统和接线的工作量，降低生产成本，缩短周期，于是设想将计算机的功能完备、灵活性、通用性强等优点和继电接触器控制系统简单易懂、操作方便、价格低廉等优点结合起来，制造一种新型的工业控制装置。为此，1968年美国通用汽车公司公开招标，要求制造商为其装配生产线提供一种新型的通用控制器，并提出了10项招标指标，分别如下。

（1）编程简单，可在现场修改和调试程序。

（2）维护方便，各部件最好采用插件方式。

（3）可靠性高于继电接触器控制系统。

（4）设备体积要小于继电器控制柜。

（5）数据可以直接送给管理计算机。

（6）成本可与继电接触器控制系统相竞争。

（7）输入量是115V交流电压。

（8）输出量为115V交流电压，输出电流在2A以上，能直接驱动电磁阀。

（9）系统扩展时，原系统只需作很小的变动。

（10）用户程序存储器容量能扩展到4KB。

美国数字设备公司（DEC）中标，于1969年研制成功了一台符合要求的控制器，在通用汽车公司的汽车装配生产线上试验并获得成功。由于这种控制器适合于工业环境，便于安装，可以重复使用，通过编程来改变控制规律，完全可以取代继电接触器控制系统，因此在短时间内该控制器的应用很快就扩展到其他工业领域。这就是历史上的第一台PLC。

第二节 PLC 的 定 义

美国电气制造商协会（National Electrical Manufacturers Association，NEMA）于1980年把这种控制器正式命名为可编程序控制器。为使这一新型的工业控制装置的生产和发展规范化，国际电工委员会（IEC）制定了PLC的标准，给出PLC的定义："可编程序控制器是一种数字运算操作的电子系统，专为在工业环境下应用而设计的。它采用可编程序的存储器，用来在其内部存储执行逻辑运算、顺序控制、定时、计数和算术运算等操作指令，并通过数字式和模拟式的输入和输出，控制各种类型的机械设备或生产过程。可编程序控制器及其有关设备都应按易于与工业控制系统形成一个整体，易于扩展其功能的原则设计。"

定义强调了PLC应直接应用于工业环境，因此它须具有很强的抗干扰能力、广泛的适应能力和应用范围。这也是PLC区别于一般微机控制系统的一个重要特征。

总之，可编程序控制器是一台计算机，是专为工业环境应用而设计制造的计算机。它具有丰富的输入/输出接口，并且具有较强的驱动能力。可编程序控制器产品并不是针对某一具体工业应用，其灵活、标准的配置能够适应工业上的各种控制。在实际应用时，其硬件可根据需要选用配置，其软件则需要根据控制要求进行设计。

第三节 PLC 控制功能及特点

一、基本功能

PLC在工业中的广泛应用是由其功能决定的，其功能主要有以下几个方面。

（1）开关量的逻辑控制。逻辑控制功能实际上就是位处理功能，是PLC的基本功能之一，用来取代继电接触器控制系统，实现逻辑控制和顺序控制。PLC根据外部现场（开关、按钮或其他传感器）的状态，按照指定的逻辑进行运算处理后，控制机械运动部件进行相应的操作。另外，在PLC中一个逻辑位的状态可以无限制地使用，逻辑关系的修改和变更也十分简便。

（2）定时控制。PLC中有许多用户使用的定时器，并设置了定时指令，定时器的设置值可以在编程时设定，也可以在运行过程中根据需要进行修改，使用方便、灵活。同时PLC还提供了高精度的时钟脉冲，用于准确的实时控制。

（3）计数控制。PLC为用户提供了许多计数器，计数器计数到某一数值时，产生一个状态信号（计数值到），利用该状态信号实现对某个操作的计数控制。计数器的设定值可以在编程时设定，也可以在运行过程中根据需要进行修改。

（4）步进控制。PLC为用户提供了若干个移位寄存器，可以实现由时间、计数或其他指

定逻辑信号为转步条件的步进控制。即在一道工序完成以后，在转步条件控制下，自动进行下一道工序。有些 PLC 还专门设置了用于步进控制的步进指令，编程和使用都很方便。

（5）数据处理。PLC 的数据处理功能，可以实现算术运算、逻辑运算、数据比较、数据传送、数据移位、数制转换、译码编码等操作。中、大型 PLC 数据处理功能更加齐全，可完成开方、PID 运算、浮点运算等操作，还可以和 CRT、打印机相连，实现程序、数据的显示和打印。

（6）回路控制。有些 PLC 具有 A/D、D/A 转换功能，可以方便地完成对模拟量的控制和调节。一般情况下，模拟量为 4～20mA 的电流，或 1～5V、0～10V 的电压；数字量为 8 位或 12 位的二进制数。

（7）通信联网。有些 PLC 采用通信技术，实现远程 I/O 控制、多台 PLC 之间的同位链接、PLC 与计算机之间的通信等。利用 PLC 同位链接，可以把数十台 PLC 采用同级或分级的方式连成网络，使各台 PLC 的 I/O 状态相互透明。采用 PLC 与计算机之间的通信连接，可以用计算机作为上位机，下面连接数十台 PLC 作为现场控制机，构成“集中管理，分散控制”的分布式控制系统，以完成较大规模的复杂控制。

（8）监控。PLC 设置较强的监控功能。利用编程器或监视器，操作人员可以对 PLC 有关部分的运行状态进行监视。

（9）停电记忆。PLC 内部的部分存储器所使用的 RAM 设置了停电保持器件（如备用电池等），以保证断电后这部分存储器中的信息能够长期保存。利用某些记忆指令可以对工作状态进行记忆，以使 PLC 断电后的数据内容保持不变。PLC 的电源恢复后，可以在原工作进程的基础上继续工作。

（10）故障诊断。PLC 可以对系统构成、某些硬件状态、指令的合法性等进行自诊断，发现异常情况，发出报警并显示错误类型，如属严重错误则自动中止运动。PLC 的故障自诊断功能极大地提高了 PLC 控制系统的安全性和可维护性。

二、特点

（1）编程、操作简易方便、程序修改灵活。目前 PLC 的编程可采用与继电器电路极为相似的梯形图语言，直观易懂，只要熟悉继电接触器线路都能极快地进行编程、操作和程序修改，深受现场电气工作人员的欢迎。近几年发展起来的其他编程语言（如功能图语言、汇编语言和 BASIC 等计算机通用语言）也都使编程更加方便，并且适宜于不同的人员。

（2）体积小、功耗低。由于 PLC 是将微电子技术应用于工业控制设备的新型产品，因而 PLC 的结构紧凑、坚固、体积小、质量轻、功耗低。

（3）抗干扰能力强、可靠稳定。由于 PLC 采用大规模集成电路，器件的数量大大减少、故障率低、可靠性高，而且 PLC 本身配有完善的自诊断功能，可迅速判断故障，从而进一步提高可靠性。PLC 通过设置光耦合电路、滤波电路和故障检测与诊断程序等一系列硬件和软件的抗干扰措施，有效地屏蔽了一些干扰信号对系统的影响，极大地提高了系统的可靠性。

（4）采用模块化结构，扩充、安装方便，组合灵活。由于 PLC 已经实现了产品系列化、标准化和通用化，用 PLC 组成控制的系统在设计、安装、调试和维修等方面表现了明显的优越性。由于 PLC 按模块化结构和标准单元结构进行设计，用户可以灵活地扩充、缩小或更换模块数量、规格及连接方式。根据需要可在极短时间内设计和实现一个工业控制系统，极大

地缩短了设计调试周期。

（5）通用性好、使用方便。由于 PLC 中的继电器是“软元件”，其接线也是用程序实现的“软接线”，可以根据需要灵活组合。一旦控制系统的硬件配置确定以后，用户可以通过修改应用程序来适应生产工艺的变化，实现不同的控制。

（6）修复时间短、维护方便、输入/输出时接口功率大。由于 PLC 采用插件结构，当 PLC 的某一部分发生故障时，只要把该模块更换下来，就可继续工作。平均修复时间为 10min 左右。一般 PLC 平均无故障率为 3～5 年，使用寿命在 10 年以上。输入/输出模块可直接与 AC 220、110V 和 DC 24、48V 输入/输出信号相连接，输出可直接驱动 2A 以下的负载。而且 PLC 也有 TTL 和 CMOS 电平输入/输出模块，驱动 TTL 和 CMOS 设备。

三、与继电接触器控制系统的比较

在 PLC 出现之前，逻辑控制和顺序控制都是由传统的继电接触器控制系统来实现的。由于采用了微控制器和计算机技术，PLC 与传统的继电接触器系统相比，具有以下优点。

（1）传统的继电器控制系统是针对一定的生产机械、固定的生产工艺而设计，采用硬接线方式安装而成，只能进行开关量的控制；而 PLC 采用软件编程来实现各种控制功能，只要改变程序，就可适应生产工艺的改变，并且可以实现开关量和模拟量的控制，因此适应性强。

（2）传统的继电接触器控制系统中，随着控制对象的增多，必然要增加继电器数目，提高系统的运营成本；而对于 PLC 来说，只需要改变程序就可以实现较复杂的控制功能。

（3）继电接触器控制系统在长期使用的过程中，受接触不良和触点寿命的影响，可靠性低；PLC 由于采用了微电子和计算机技术，可靠性比较高，抗干扰能力强。

（4）继电接触器控制系统要扩充、改装都必须重新设计，重新配置；而 PLC 在 I/O 点数及内存允许范围内，可自由扩充。

（5）与传统继电器控制系统相比，PLC 体积小、质量轻、结构紧凑、开发周期短，安装和维护工作量小，PLC 还有完善的监控和自诊断功能，可以及时发现和排除障碍。

因此，PLC 在性能上优于继电接触器逻辑控制，在用微电子技术改造传统产业的过程中，传统的继电接触器控制系统大多数将被 PLC 控制系统所取代。

四、可编程序控制器与集散控制系统的比较

PLC 与集散控制系统在发展过程中，始终是互相渗透、互为补充。它们分别由两个不同的古典控制设备发展而来。

（1）PLC 是由继电器控制逻辑发展而来的，所以它在数字处理、顺序控制方面具有一定的优势，初期主要侧重于开关量顺序控制方面。而集散系统 DCS 是由回路仪表控制发展而来的，所以在模拟量处理、回路调节方面具有一定的优势，初期主要侧重于回路调节功能。但两者的发展都随着微电子技术、大规模集成电路技术、计算机技术、通信技术等的发展而发展，同时向对方扩展自己的技术功能。

（2）PLC 自 20 世纪 60 年代问世之后，于 70 年代进入实用化阶段，8 位、16 位、32 位微处理器和各种位片式处理器的应用使其在技术和功能上都发生了飞跃，在初期的逻辑运算功能的基础上，增加了数值计算、闭环控制等功能，其运算速度得到提高，输入/输出范围与规模扩大。PLC 与上位计算机之间相互联成网络，构成以可编程序控制器为主要部件的初级控制系统。集散控制系统自 20 世纪 70 年代问世之后，发展迅速，特别是单片微处理器广泛

应用的通信技术的成熟，把顺序控制装置、数据采集装置、过程控制的模拟量仪表过程监控装置有机地结合在一起，产生了满足不同要求的集散型控制系统。

（3）现代PLC的模拟量控制功能很强，多数都配备了各种智能模板，以适应生产现场的多种特殊要求，具有了PID调节功能和构成网络系统组成分级控制的功能以及集散控制系统所完成的功能。集散控制系统既有单回路控制系统，也有多回路控制系统，同时也具有顺序控制功能。到目前为止，PLC与集散控制系统的发展越来越接近，很多工业生产过程既可以用PLC，也可以用集散控制系统实现其控制功能。综合两者的优势，把二者有机地结合起来可形成一种新型的全分布式计算机控制系统。

第四节 PLC的分类及发展

一、分类

PLC发展至今已经有多种形式，其功能也不尽相同，一般按以下标准进行分类。

1. 按I/O点数分类

按输入/输出（I/O）点数可将PLC分为以下三类。

（1）小型机。I/O点数在256点以下的为小型机，其功能以开关量控制为主，用户程序存储器容量在4KB以下。小型PLC的特点是体积小、价格低，适合控制单台设备、开发机电一体化产品。

典型的小型机有西门子（SIEMENS）公司的S7-200系列，欧姆龙（OMRON）公司的CPM1A系列和三菱（MITSUBISHI）公司的FX1N系列等整体式PLC产品。

（2）中型机。中型PLC的I/O点数在256～2048，用户程序存储容量达8KB。中型PLC不仅具有开关量和模拟量的控制功能，还具有更强的数字计算能力，它的通信功能和模拟量处理能力更强大，适用于复杂的逻辑控制系统以及连续生产过程控制场合。

典型的中型机有西门子公司的S7-300系列，欧姆龙公司的C200H系列和三菱公司的FX2N系列等模块式PLC产品。

（3）大型机。大型PLC的I/O点数在2048点以上，用户程序存储容量达8～16KB。大型PLC具有计算、控制和调节功能，还具有强大的网络结构和通信联网能力。它的监视系统采用CRT显示，能够表示过程的动态流程。适用于设备自动化控制、连续生产过程自动化控制和过程监控系统。

典型的大型机有西门子公司的S7-400系列，欧姆龙公司的CVM1和CS1系列，以及AB公司的SLC5/05系列产品。

2. 按结构分类

根据结构，PLC主要分为整体式和模块式两种类型。

（1）整体式结构。整体式PLC又称为单元式或箱体式PLC，其体积小、价格低。一般小型PLC多采用整体式结构。

整体式PLC的结构特点是将PLC的基本部件，如CPU模块、I/O模块和电源等硬件紧凑地安装在一个标准机壳内，组成PLC的一个基本单元或扩展单元。基本单元上没有扩展端口，通过扩展电缆与扩展单元联接，以构成PLC的不同配置。

整体式 PLC 还配备有许多专用的特殊功能块，可使 PLC 的功能得以扩展。

（2）模块式结构。模块式 PLC 是由一些模块单元构成的，将这些模块插在框架或基板上即可。各模块功能是独立的，外形尺寸统一，可根据需要灵活配置插入的模块。目前，中型、大型 PLC 多采用这种形式。

二、发展

从 1969 年出现的第一台 PLC，经过几十年的发展，已经到了第四代。其发展过程大致如下。

（1）第一代在 1969～1972 年。这是 PLC 发展的初期，该时期的 CPU 由小规模的集成电路组成，存储器为磁芯存储器。功能也比较单一，仅能实现逻辑运算、定时、计数和顺序控制等功能，可靠性比以前的顺序控制器有较大幅度地提高，灵活性也有所增强。

（2）第二代在 1973～1975 年。这是 PLC 的发展中期，随着微处理器的出现，该时期的产品已开始使用微处理器作为 CPU，采用半导体存储器，其功能得到进一步发展和完善，能够实现数字运算、传送、比较、PID 调节、通信等功能，并初步具备自诊断功能，可靠性有了一定地提高，但扫描速度不太理想。

（3）第三代在 1976～1983 年。此时，PLC 进入大发展时期，这个时期的产品已采用 8 位和 16 位微处理器作为 CPU，部分产品还采用了多微处理器结构。其功能得到显著增强，速度得到较大地提高，并能进行多种复杂的数学运算，具备完善的通信功能和较强的远程输入/输出能力，具有较强的自诊断功能并采用了容错技术。在规模上向两级发展，即向小型、超小型和大型发展。

（4）第四代为 1983 年到现在。这个时期的产品除采用 16 位以上的微处理器作为 CPU 外，内存容量更大，有的已达数兆字节；可以将多台 PLC 连接起来，实现资源共享；可以直接用于一些规模较大的复杂控制系统；编程语言除了可使用传统的梯形图、流程图等外，还可以使用高级语言；外设多样化，可以配置 CRT 和打印机等。

随着微处理器技术的发展，可编程序控制器也得到了迅速地发展，其技术和产品日趋完善。它不仅以其良好的性能特点满足了工业生产控制的广泛需要，而且将通信技术和信息处理技术融为一体，其存储器功能日趋完善。目前，PLC 技术和产品的发展非常活跃，各厂家不同类型的 PLC 品种繁多，各具特色。综合来看，PLC 的发展趋势如下。

（1）系统功能完善。现在的 PLC 在功能上已有很大发展，它不再是仅仅能够取代继电接触器控制的简单逻辑控制器，而是采用了功能强大的高档微处理器加上完善的输入/输出系统，使得系统的处理功能和控制功能得到大幅度增强。同时它还采用了现代数据通信和网络技术，配以交互式图形显示及信息存储、输出设备，使得 PLC 系统的功能日趋完善，足以能够满足绝大多数的生产控制需要。

（2）体系结构开放化及通信功能标准化。大多数 PLC 系统都采用了开放性体系结构，通过制定系统总线接口标准、扩展和通信接口标准，使得 PLC 系统能够根据应用需求的大小任意扩展。绝大多数公司推出的硬件产品均采用模块化、单元化结构，根据应用需求确定模块的数量，这样既减少了系统投资，又保证了今后系统升级、扩展的需求。

目前各公司的总线、扩展接口及通信功能均是各自独立制定的，还没有一个适合所有公司产品的统一标准，在通信接口上虽然大多数产品采用了标准化接口，但是通信功能上大多

数是非标准化的。为适应应用环境的要求，制定统一的、规范化的 PLC 产品标准是今后发展的必然趋势。

（3）输入/输出模块智能化及安装现场化。为了提高系统的处理能力和可靠性，大多数 PLC 产品均采用了智能化输入/输出模块，以减轻主 CPU 的负担，同时也为输入/输出系统的冗余带来了方便。另一方面，为了减少系统配线，减少输入/输出信号在长线传输时引入的干扰，很多 PLC 系统将其输入/输出模块通过通信电缆或光纤与主 CPU 进行数据通信，完成信息的交换。

（4）功能模块专用化。为满足控制系统的特殊要求，提高系统的响应速度，很多 PLC 公司推出了专用化模块，以满足系统如快速响应、闭环控制、复杂控制模式等特殊要求，从而解决了 PLC 扫描周期过长的矛盾。

（5）编程组态软件图形化。为了给用户提供一个友好、方便、高效编程组态界面，大多数 PLC 公司均开发了图形化编程组态软件。该软件提供了简捷、直观的图形符号以及注释信息，使得用户控制逻辑的表达更加直观、明了，操作和使用也更加方便。

（6）硬件结构集成化、冗余化。随着专用集成电路（ASIC）和表面安装技术（SMT）在 PLC 硬件设计上的应用，PLC 产品硬件元器件数量将更少、集成度更高、体积更小，其可靠性更高。同时，为了进一步提高系统的可靠性，PLC 系统还采用了硬件冗余和容错技术。用户可以选择 CPU 单元、通信单元、电源单元或输入/输出单元甚至整个系统的冗余配置，使得整个 PLC 系统的可靠性得以进一步加强。

（7）控制与管理功能一体化。为了更进一步满足控制需要，提高工厂自动化水平，PLC 产品广泛采用了计算机信息处理技术、网络通信技术和图形显示技术，使得 PLC 系统的生产控制功能和信息管理功能融为一体，进一步提高了 PLC 产品的功能，更好地满足了现代化大生产的控制与管理需要。

（8）向控制的开放性、SoftPLC 的方向发展。SoftPLC 是把标准工业控制计算机转变成为一个全功能类似 PLC 过程控制器的软件技术。SoftPLC 是把 PID 算法、离散和模拟输入/输出控制以及计算机的数据处理、计算和联网功能结合起来。作为一个多任务控制内核，它提供一个强大的系统，快速、准确地扫描时间，一个可与许多 I/O 系统、其他装置和网络相连的开放式结构。它不仅有“硬”PLC 所具有的特征和功能，而且具有它不具备的开放式系统特征。SoftPLC 通常作为内置式系统在硬件上运行，允许用户为特殊需要而去扩展指令表，采取梯形逻辑执行功能，由于维护人员已经熟悉基于控制系统提醒逻辑的故障诊断和编程，这使得从“硬”PLC 到 SoftPLC 的转变很容易。另外，它允许用户用 C、C++或 Java 语言进行编程，Java 虚拟机和内置式网络服务器为 SoftPLC 提供了如数据共享、操作、远程检测和维修等功能。另外，软 PLC 提供了可用于编程和监测的工具——TOPDOC，该软件提供了离线和在线编程、监控、文档和试验软件包。SoftPLC 作为一种 PLC，不同于其他由软件控制的系统，具有实时逻辑控制功能，可与其他类型的 PLC 接口，与 I/O 系统、PLC 及其他装置进行联网通信，具有良好的人机界面，是将来 PLC 发展的方向。

PLC 从生产到现在，由于其编程简单、可靠性高、使用方便、易于维护、价格适中等优点，得到了迅猛发展。按应用类型来划分，大致可分为如下几个领域。

（1）开关量逻辑控制。PLC 最基本的功能是逻辑运算、定时、计数等，用来进行逻辑控

制，可以取代传统的继电器控制。这是 PLC 最基本、最广泛的应用领域，既可用于单台设备的控制，又可用于多机群控制及自动化流水线。如注塑机、印刷机、订书机械、组合机床、包装生产线、电镀流水线等。

（2）模拟量控制。模拟量，如电流、电压、温度、压力等，其大小是连续变化的。工业生产，特别是连续型生产过程，常要对这些物理量进行控制。

为了使可编程控制器处理模拟量，必须实现模拟量和数字量之间的 A/D 转换及 D/A 转换。大中型 PLC 都有多路的模拟量输入/输出和 PID 控制，甚至有的小型 PLC 也带有模拟量输入/输出。因此，PLC 可以作为模拟量控制，用于过程控制。有的 PLC 还可以实现模糊控制。

（3）运动控制。PLC 可以用于圆周运动或直线运动的控制。从控制机构配置来说，早期直接用开关量输入/输出模块连接位置传感器和执行机构，现在一般用专用的运动控制模块。如可驱动步进电动机或伺服电动机的单轴或多轴位置控制模块。世界上各 PLC 厂家的产品几乎都有运动控制功能，广泛用于各种机械、机床、机器人、电梯等场合。

（4）监控系统。用 PLC 可以构成监控系统，进行数据采集和处理，监控生产过程。

（5）分布控制系统。随着计算机控制技术的发展，国外正兴起工厂自动化（FA）网络系统。较高档次的 PLC 都有联网功能，通过联网可以将 PLC 与 PLC、PLC 与上位机（Host Computer）连接起来，构成多级分布式控制系统。

借助 PLC 控制系统进行生产的工业是非常多的，由于 PLC 可满足绝大多数应用的需要，所以受到普遍欢迎。为了适应广泛的应用领域，PLC 在其设计上具有很好的灵活性及多样性，是一种“万能钥匙”式的控制设备。但是对 PLC 的实际选择、完善及使用，可能给不熟悉 PLC 的人带来困惑。

第二章
PLC 的构成及工作原理

PLC 的生产厂家很多，产品型号也很多，但是其主要的组成结构是相同的。小型集中式 PLC 的基本组件有微处理器（CPU）及存储器。

第一节　PLC 的基本组成

PLC 是一种以微处理器为核心，综合了计算机技术、半导体存储技术和自动控制技术的一种工业控制专用计算机，其结构组成与微机基本相同，包括硬件与软件两大部分。其中硬件部分包括中央处理器（CPU）、存储器、输入/输出（I/O）部件、电源部分和外部设备等；软件部分包括系统监控程序和用户程序。

一、PLC 的硬件

PLC 的硬件结构框图如图 1-1 所示。根据硬件的结构不同，可以将 PLC 分为整体式和模块式。图 1-2 为整体式 PLC；图 1-3 为模块式 PLC。

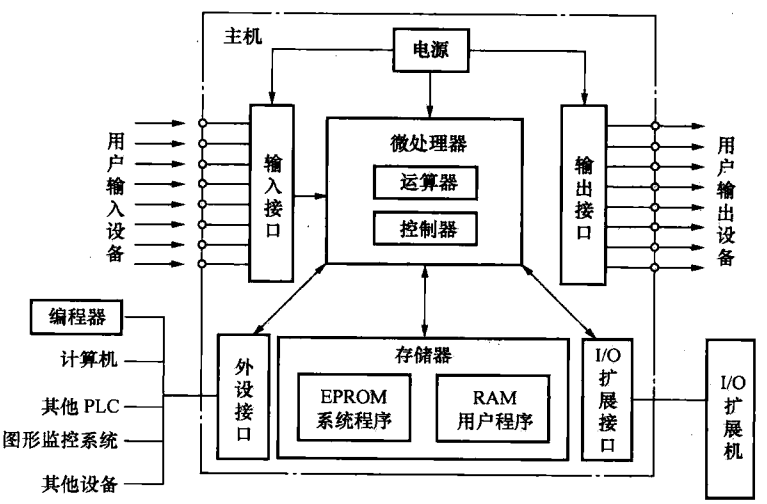


图 1-1　PLC 硬件结构框图

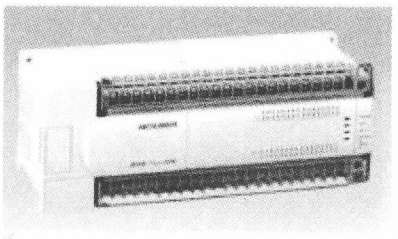


图 1-2　整体式 PLC

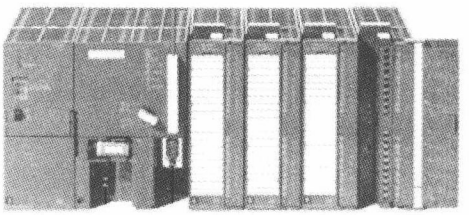


图 1-3　模块式 PLC

（1）CPU。CPU 作为整个 PLC 的核心，起着总指挥的作用，是控制的“司令部”。由微处理器（MPU）通过数据总线、地址总线、控制总线以及辅助电路连接存储器、接口及 I/O 单元，诊断 PLC 的硬件状态；按 PLC 的系统程序赋予的功能接受并存储从编程器输入的用户程序和数据；按存放的先后次序取出指令并进行编译；完成用户指令规定的各种操作；将结果送到输出端；响应各种外部设备的请求。

（2）存储器。PLC 配有系统程序存储器和用户程序存储器。前者存放监控程序、模块化应用功能子程序、命令解释和各种系统参数等系统程序，一般采用 ROM（只读存储器）或 EPROM，PLC 在出厂时，系统程序已固化在存储器中；后者存放用户编制的梯形图等程序，通过编程器输入到存储器中，中小型 PLC 的用户程序存储器一般采用 EPROM、E^2PROM 或加后备电池的 RAM9（随机存取存储器）。

（3）输入/输出部件。输入部件和输出部件通常也称为 I/O 单元、I/O 模块，它们是 CPU 与现场 I/O 装置或设备之间的连接部件。PLC 通过输入模块把工业设备或生产现场的状态或信息读入主机，通过用户程序的运算与操作，把结果通过输出模块输出给执行机构。PLC 提供了各种操作电平和驱动能力的 I/O 单元，有各种各样功能与用途的 I/O 扩展单元供用户选用。

（4）电源部件。PLC 的电源部件包括系统电源、备用电源和掉电保护电源。系统电源为开关式稳压电源，供内部电路和外部直流输入装置使用，电源的交流输入端一般接有尖峰脉冲吸收电路，以提高抗干扰能力。备用电源在系统电源出现故障的情况下使用，以保证 PLC 的正常工作。为了防止在外部电源发生故障的情况下，PLC 内部重要数据丢失，PLC 还带有备用电池。

（5）编程器。编程器是 PLC 最常用的外设，也是 PLC 中唯一不需要通过功能模块而直接与总线相连的设备。它通过主机上的编程器接口直接与主机相连。编程器可用于对用户程序的编制、编辑、调试和监视，还可以通过面板上的键盘和显示去测试 PLC 的内部状态和参数、与 PLC 进行人机对话。因此，编程器是 PLC 开发应用、监测运行、检查维护重要和方便的器件。

（6）其他外部设备。打印机、CRT 显示器、键盘等。打印机可将用户程序打印出来直接阅读，也可打印管理报表，CTR 显示器可用于对 PLC 监控和管理，键盘用于外部数据的输入。

二、PLC 的软件组成

在 PLC 中，软件分为两大部分：一部分为系统监控程序，它是每一个 PLC 成品必须包括的部分，是由 PLC 的制造者编制的，用于控制 PLC 本身的运行；另一部分为用户程序，由用户编制，用于控制被控装置的运行。

1. 系统监控程序

系统监控程序包括系统管理程序、用户指令解释程序、标准程序模块和系统调用几个部分。

（1）系统管理程序。是监控程序中最重要的部分，分为如下三块。

1）运行管理，控制 PLC 何时输入、何时输出、何时运算、何时自检、何时通信等，进行时间上的分配管理。

2）进行存储空间的管理，即生成用户环境，由它规定各种参数、程序的存放地址，将用户使用的数据参数存储地址转化为实际的数据格式及物理存放地址。将有限的资源变为用户可直接使用的很方便的元件。

3）系统自检程序，包括各种系统出错检验、用户程序语法检验、句法检验、警戒时钟运行等。

（2）用户指令解释程序和编辑程序。任何计算机最终都是根据机器语言来执行的，在 PLC 中采用梯形图编程，而将人们易懂的梯形图程序变为机器能懂的机器语言程序，这就是解释程序的任务。它将梯形图程序逐条翻译成相应的一串机器语言，然后通过 CPU 完成这一步的功能。

事实上，为了节省内存，提高解释速度，用户程序是以内码的形式存储在 PLC 中的。用户程序变为内码形式的这一步是编辑程序实现的，可以插入、删除、检查、查错用户程序，方便程序的调试。

（3）标准程序模块系统调用。这部分是由许多独立的程序块组成的，各自能完成不同的功能，有些完成输入、输出，有些完成特殊运算等。PLC 的各种具体工作都是由这部分程序来完成的，这部分程序的多少就决定了 PLC 性能的强弱。

整个系统监控程序是一个整体，其质量的好坏很大程度上影响了 PLC 的性能。因此通过改进系统监控程序就可在不增加任何硬设备的条件下极大地改善 PLC 的性能。

2. 用户程序

用户程序是 PLC 的使用者编制的针对控制任务的程序。在 PLC 的发展初期，选择控制系统首先应做出的重要决定是选择 PLC 生产厂家。之后，用户就必须应用该厂家的软件以及编程方法，选择的自由度较小。由于不同厂家的 PLC 具有不同的编程语言，各个厂家的 PLC 之间无法兼容，这样就给 PLC 的普及带来一定的困难。国际电工委员会（IEC）于 1994 年 5 月公布了专门用于 PLC 编程的标准——IEC 1131—3，该标准介绍了 5 种 PLC 编程语言的表达方式：顺序功能表图（Sequential Function Chart）、梯形图（Ladder Diagram）、功能块图（Function Block Diagram）、指令表（Instruction List）和结构文本（Structured Text）。梯形图编程语言形象直观，类似于电气控制系统中继电—接触器控制系统电路图，逻辑关系明显；指令语句表编程语言虽然不如梯形图编程语言直观，但有输入方便的优点；功能图编程语言和高级编程语言需要比较多的硬件设备。

（1）梯形图编程语言（LAD）。该语言习惯上称为梯形图。梯形图沿袭了继电—接触器控制电路的形式，也可以说，梯形图编程语言是在电气控制系统中常用的继电器、接触器逻辑控制电路基础上演变而来的，形象、直观、实用，电气技术人员容易接受，是目前用得最多的一种 PLC 编程语言。

继电器接触器电气控制电路图和 PLC 梯形图示于图 1-4 中，由图可见两种控制电路图逻辑含义是一样的，但具体表达方法却有本质区别。PLC 梯形图中的继电器、定时器、计数器不是物理继电器、定时器和计数器，实际上是存储器中的存储位，因此称为软元件。相应位为“1”状态，表示继电器线圈通电，其动合触点闭合、动断触点断开。

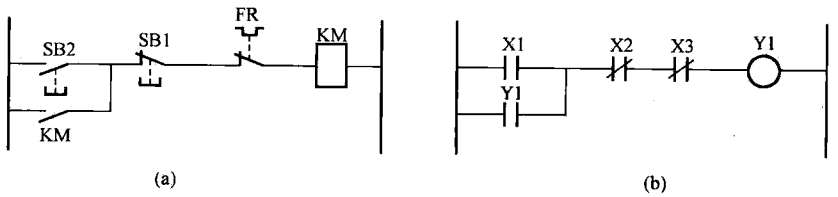


图 1-4　具有自锁功能的继电控制电路及其对应的 PLC 梯形图

（a）具有自锁功能的继电控制电路；（b）对应的 PLC 梯形图

PLC 的梯形图是形象化的编程语言，梯形图左右两端的母线是不接任何电源的。梯形图中并没有真实的物理电流流动，而仅仅是概念电流（虚电流），或称为假想电流。把 PLC 梯形中左边母线假想为电源相线，而把右边母线假想为电源中性线，假想电流只能从左向右流动，层次改变只能先上后下。假想电流是执行用户程序时满足输出执行条件的形象理解。

PLC 梯形图中每个网络由多个梯级组成，每个梯级由一个或多个支路组成，并由一个输出元件构成，但右边的元件必须是输出元件。例如图 1-4（b）中梯形图由一个梯级组成，梯形图有 4 个编程元件（X1、X2、X3 和 Y1），最右边的 Y1 是输出元件。

梯形图中每个编程元件应按一定的规则加标字母数字串，称为编程元件编号，不同编程元件常用不同的字母符号和一定的数字串来表示，不同厂家的 PLC 使用的符号和数字串往往是不一样的。

（2）指令语句表编程语言（STL）。这种编程语言是一种与计算机汇编语言相类似的助记符编程方式，用一系列操作指令组成的语句表将控制流程描述出来，并通过编程器送到 PLC 中。需要指出的是，不同厂家的 PLC 指令语句表使用的助记符并不相同，因此，一个相同功能的梯形图，书写的语句表并不相同。表 1-1 是三菱电机公司 FX 系列 PLC 指令语句完成图 1-4（b）功能编写的程序。

表 1-1　　**三菱 FX 系列 PLC 语句表**

步序	操作码（助记符）	操作数	说　明
1	LD	X1	逻辑行开始，输入 X1 动合触点
2	OR	Y1	并联 Y1 的自保触点
3	ANI	X2	串联 X2 的动断触点
4	ANI	X3	串联 X3 的动断触点
5	OUT	Y1	输出 Y1 驱动 Y1 线圈逻辑行结束

指令语句表是由若干条语句组成的程序。语句是程序的最小独立单元。每个操作功能由一条或几条语句来执行。PLC 的语句表达形式与微机的语句表达式相类似，也是由操作码和操作数两部分组成的。操作码用助记符表示（如 LD 表示取、OR 表示或等），用来说明要执

行的功能，告诉 CPU 该进行什么操作，例如逻辑运算的与、或、非；算术运算的加、减、乘、除；时间或条件控制中的计时、计数、移位等功能。

操作数一般由标识符和参数组成。标识符表示操作数的类别，例如表明是输入继电器、输出继电器、定时器、计数器、数据寄存器等。参数表明操作数的地址或一个预先设定值。

（3）顺序功能图编程语言（SFC）。这是一种较新的编程方法。它是用像控制系统流程图一样的功能图表达一个控制过程，目前国际电工协会（IEC）正在实施发展这种新式的编程标准。不同厂家的 PLC 对这种编程语言所用的符号和名称也不一样。三菱 PLC 称功能图编程语言，而西门子 PLC 称控制系统流程图编程语言。图 1-5 是一个先“与”后“或”操作的功能块（FBD）图编程语言图。

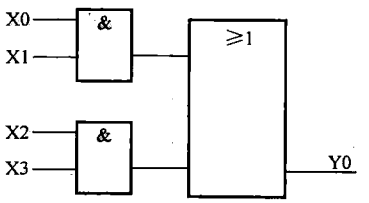


图 1-5 先“与”后“或”操作的功能块图编程语言图

（4）高级语言编程。近几年推出的 PLC，尤其是大型 PLC，已开始用高级语言进行编程。有的 PLC 采用类似 Pascal 语言的专用语言，系统软件具有这种专用语言的自动编译程序。采用高级语言编程后，用户可以像使用普通微型计算机一样操作 PLC。除了完成逻辑功能外，还可以进行 PID 调节，数据采集和处理以及与上位机通信等。

3. 用户环境

用户环境是由监控程序生成的，包括用户数据结构、用户元件区分配、用户程序存储区、用户参数、文件存储区等。

（1）用户数据结构。用户数据结构主要分为三类：

1）第一类为位数据。这是一位逻辑量，其值为“0”或“1”。最原始的 PLC 中处理的就是这类数据，它表示触点的通、断，线圈的通、断，标志的 ON、OFF 状态等。

2）第二类为字数据。其数制、位长、形式都有很多种。在 FX2N、A 系列中采用 4 位 BCD 码，双字节采用 8 位 BCD 码。书写时若为十进制数就冠以 K（例如 K789）；若为十六进制数就冠以 H（例如 H789）。实际处理时还可选用八进制、十六进制、ASCII 码的形式。

3）第三类为位与字的混合，即同一个元件有位元件又有字元件。例如 T（定时器）和 C（计数器），它们的触点为位，而设定值寄存器和当前值寄存器又为字。

（2）逻辑元件。用户使用的每一个输入/输出端子及内部的每一个存储单元都称为逻辑元件。各种元件有其不同的功能和固定的地址。元件的数量是由监控程序规定的，它的多少决定了 PLC 整个系统的规模及数据处理能力。每一种 PLC 的元件数都是有限的。本书介绍的三菱、西门子和欧姆龙 PLC 的部分逻辑元件及其功能分别在各章详细介绍。

第二节 PLC 的工作原理

一、PLC 实现控制的要点

输入/输出信息变换、可靠物理实现，可以说是 PLC 实现控制的两个基本要点。

输入/输出信息变换靠运行存储在 PLC 内存中的程序实现。PLC 程序既有生产厂家的系统程序，又有用户自行开发的应用（用户）程序。系统程序提供运行平台，同时，还为 PLC 程序可靠运行及信号与信息转换进行必要的公共处理。用户程序由用户按控制要求设计。什

么样的控制要求，就应有什么样的用户程序。

可靠物理实现主要靠输入/输出接口电路。PLC 的 I/O 接口电路，都是专门设计的。输入接口电路要对输入信号进行滤波，以去掉高频干扰。而且与内部计算机电路在电气上是隔离的，靠光耦元件建立联系。输出接口电路内外也是电隔离的，靠光耦元件或输出继电器建立联系。输出接口电路还要进行功率放大，以足以带动一般的工业控制元器件，如电磁阀、接触器等。输入接口电路时刻监视着输入状况，并将其暂存于输入暂存器中。每一输入点都有一个对应的存储其信息的暂存器。输出接口电路要把输出锁存器的信息传送给输出点。输出锁存器与输出点也是一一对应的。

这里的输入暂存器及输出锁存器实际上就是 PLC 处理 I/O 接口的寄存器。它们与计算机内存交换信息通过计算机总线，并主要由运行系统程序实现，把输入暂存器的信息读到 PLC 的内存中，称为输入刷新。PLC 内存有专门开辟的存放输入信息的映射区。这个区的每一对应位称为输入继电器。这些位置成“1”，表示接点通；置成“0”表示接点断。由于它的状态是由输入刷新得到的，所以它反映的就是输入状态。

输出锁存器与 PLC 内存中的输出映射区也是对应的。一个输出锁存器也有一个内存位与其对应，这个位称为输出继电器。靠运行系统程序，输出继电器的状态映射到输出锁存器。这个映射过程也称为输出刷新。

图 1-6 对以上介绍作了说明。其中框图代表信息存储的地点，箭头代表信息流向及实现信息流动的手段。这个图既反映了 PLC 实现控制的两个基本要点，同时也反映了 PLC 中信息的空间关系。

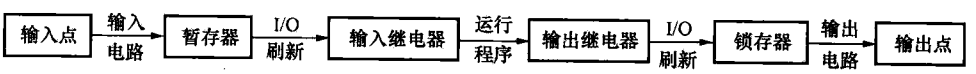


图 1-6　PLC 中信息的空间关系

注：框图代表信息存储的地点，箭头代表信息流向及实现信息流动的手段。

二、PLC 实现控制的过程

可编程序控制器是一种工业控制计算机，其实质就是一台计算机，但由于有接口器件及监控软件的包围，其外形不像计算机，操作使用方法、编程语言甚至工作原理都与计算机有所不同。另一方面，作为继电—接触器控制盘的替代物，由于其核心为计算机芯片，因此与继电器控制逻辑的工作原理有很大区别，下面通过一个电路实例进行说明。

例如：有 2 个开关 S1、S2，其中任何一个接通都将立即点亮红灯，2s 后点亮绿灯。

为解决以上问题，选用 2 个按钮开关、2 个继电器及 1 个具有延时 2s 后闭合触点的时间继电器，构成如图 1-7 所示的电路。

继电器电路工作过程：当 S1 或 S2 任一按钮按下后，线圈 Y1 接通，使 Y1 触点同时接通，时间继电器 KT 开始计时。此时，T 触点因时间未到，因此未接通。一旦时间到，T 触点接通，则 Y2 线圈接通，同时 Y2 触点接通，整个过程完成。

可编程控制器的工作过程：先读入 S1、S2 触点信息，然后对 S1、S2 状态进行逻辑运算，若逻辑条件满足，Y1 线圈接通，此时外触点 Y1 接通，外电路形成回路，红灯亮；在定时时间未到时，T 触点接通的条件不满足，因此 Y2 线圈不通电，绿灯不亮。在 T 设定时间到达后，Y2 线圈才接通，Y2 触点接通，绿灯亮。

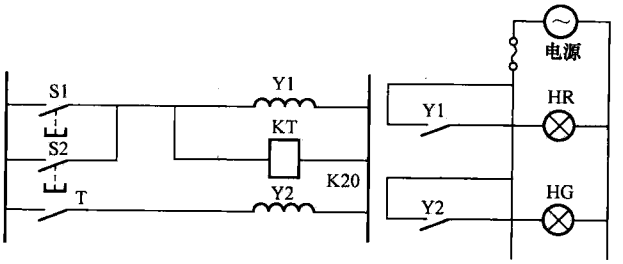


图 1-7 PLC 控制电路

由上例可见，整个工作过程需要读入开关状态、逻辑运算、输出运算结果共 3 步。输入的是给定量或反馈量，输出的是被控量。因为计算机每一瞬间只能做一件事，因此 PLC 实现控制的过程一般是输入处理→运行用户程序→输出处理→再输入处理→……永不停止地循环反复地进行。这种工作方式就称为扫描工作方式。从输入到输出的整个执行时间称为扫描周期（即一次循环时间）。

实际的 PLC 工作过程还要复杂些。除了 I/O 刷新及运行用户程序，还要做些公共处理工作。公共处理工作有：循环时间监控、外设服务及通信处理等。循环时间监控的目的是避免“死循环”，避免程序不能反复不断地重复执行。办法是用“看门狗”。只要循环超时，它可报警，可作相应处理。

外设服务是让PLC可接受编程器对它的操作，或通过接口向输出设备如打印机输出数据。

通信处理是实现 PLC 与 PLC，或 PLC 与计算机，或 PLC 与其他工业控制装置或智能部件间信息交换的。这也是增强 PLC 控制能力的需要。

此外，如同普通计算机一样，PLC 上电后，也要作系统自检及内存的初始化工作，为 PLC 的正常运行提供保证。

三、PLC 的工作过程

可编程序控制器的工作过程如图 1-8 所示。

（1）输入处理。程序执行前，PLC 将全部输入端子的通/断状态写入输入映像寄存器。

在程序执行中，即使输入状态变化，输入映像寄存器的内容也不变，直到下一扫描周期的输入处理阶段才读入这些变化。另外，输入触点从通（ON）到断（OFF）变化到处于确定状态止，输入滤波器还有响应延迟时间（约 10ms）。

（2）程序处理。对应用户程序存储器所存的指令，从输入映像寄存器和其他软元件的映像寄存器中将有关软元件的通/断状态读出，从 0 步开始顺序运算，每次运算结果都写入有关的映像寄存器，因此，各软元件的内容随着程序的执行在不断变化。输出继电器的内部触点的动作由输出映像寄存器的内容决定。

（3）输出处理。全部指令执行完毕，将输出映像寄存器的通/断状态向输出锁存寄存器传送，成为 PLC 的实际输出。PLC 内的外部输出触点对输出软元件的动作有一个响应时间，即要有一个延迟才动作。PLC 与其他计算机一样，其功能还必须由软件支持，软件包括系统软件和应用软件，PLC 的工作方式是在其系统软件的控制和指挥下，对应用软件（用户程序）作周期性地循环扫描工作。

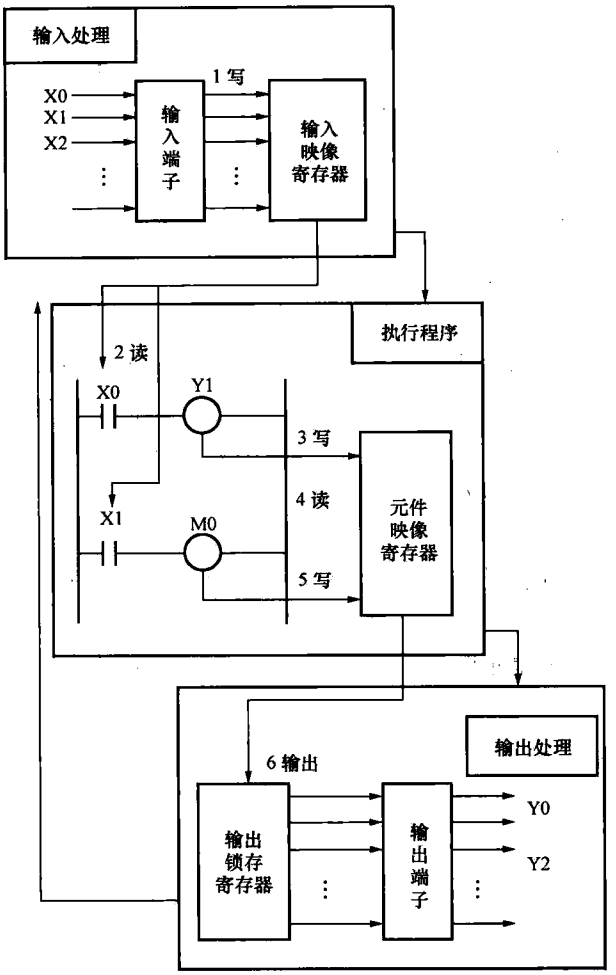


图 1-8　PLC 的工作过程

思考题一

1．可编程序控制器的定义是什么？为什么说可编程序控制器是一种数字运算的电子系统？

2．PLC 今后的发展方向是什么？

3．简述 PLC 的主要功能。

4．PLC 有哪些优点和缺点？

5．PLC 控制与继电—接触器控制系统比较，有哪些优点？能否用 PLC 取代继电器控制？

6．PLC 控制与工业控制计算机控制比较，有哪些优点？能否用 PLC 控制取代计算机控制？

7．PLC 主要应用在哪些领域？

8．PLC 的主机由哪几部分组成？试简述各部分的作用。

9．为什么说 PLC 的接线简单？

10．PLC 有哪几种编程方式？各有什么特点？

11. 整体式 PLC 其主机主要由哪几部分组成？每部分各起什么作用？

12. PLC 常用哪几种存储器？分别用来存储什么信息？

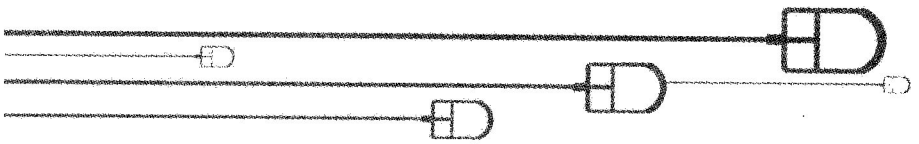
13. 什么是 PLC 控制系统？在控制系统中需要哪些基本装置？

14. PLC 基本单元用于系统控制时，如果点数不够怎么办？

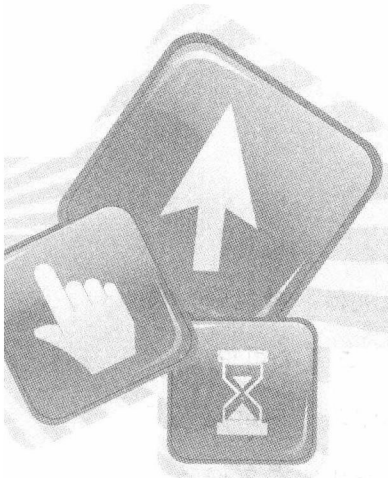
15. PLC 的基本单元与扩展单元及扩展模块的最大区别是什么？扩展单元是否可以单独使用？

16. PLC 作为一种通用的自动控制装置，与继电—接触器相比，它在控制系统中具有哪些独特的优点？

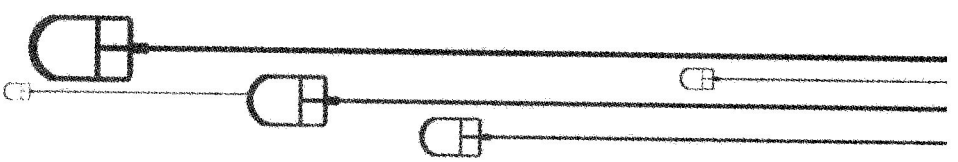
17. PLC 一般可使用哪几种编程器？各自有哪些特点？

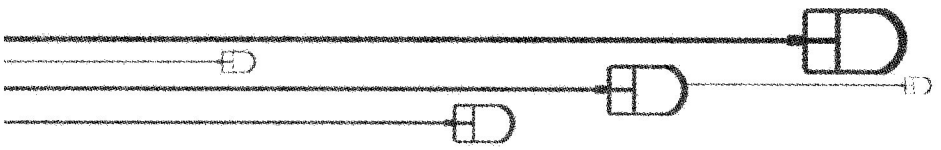


第二篇

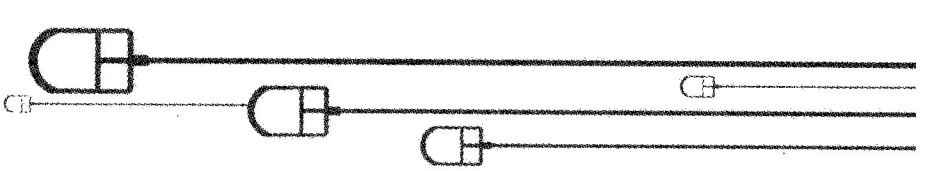


三菱 FX2N 系列 PLC 的特点与应用





三菱公司的PLC产品具有体积小，外形美观，系统配置灵活，功能强，使用方便等优点，因此，是目前应用最为广泛的PLC产品之一。三菱公司PLC的梯形图编程语言和指令助记符编程语言并重，编程简单，易掌握；网络配置简单、实用，价格低；在市场竞争中具有明显的价格优势，并且伴有良好的售后服务系统，越来越多地被用户看重。本章主要介绍FX2N系列PLC的特点与应用。



第三章
概　述

FX 系列 PLC 的适应面较广，能够满足大多数要求较高的系统需求。图 2-1 为 FX1S、FX1N、FX2N、FX2NC 系列 PLC 图片。图 2-2 为 PLC 的结构框图。

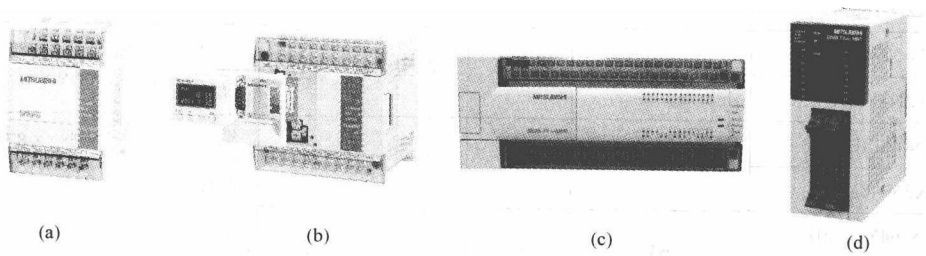


图 2-1　三菱 FX 系列 PLC

（a）FX1S 系列；（b）FX1N 系列；（c）FX2N 系列；（d）FX2NC 系列

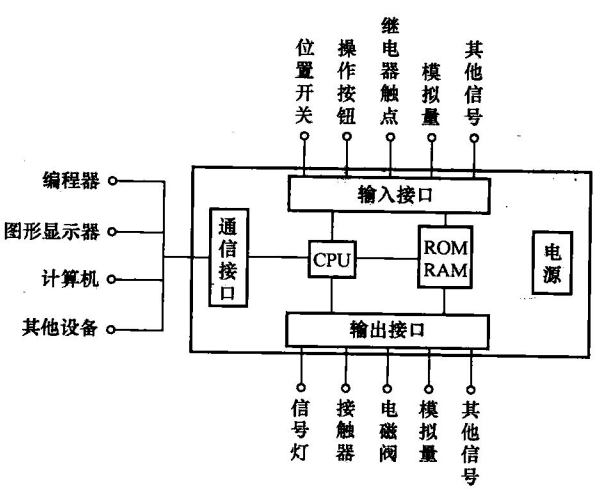


图 2-2　整体式 PLC 结构框图

FX2N 系列 PLC 是较新型的 PLC 机型，与过去产品相比，其性价比又有明显提高。FX2N 系列 PLC 有 20 种基本单元，功能强，速度快，每条基本指令执行时间仅为 0.08μs，内置用

户存储器为 8K 步，可扩展到 16K 步；I/O 点最多可扩展到 256 点。有多种特殊功能模块或功能扩展板，可实现多种定位控制。机内有时钟、PID 指令可实现模拟量闭环控制。有很强的数学指令集，如浮点数运算、开平方和三角函数等。每个 FX2N 基本单元可扩展 8 个特殊单元。本书以三菱 FX2N64MR 为例进行介绍。

第一节　种类、性能、规格及组成

一、FX2N 系列 PLC 种类、性能及规格

FX2N 系列 PLC 种类、性能及规格见表 2-1～表 2-3。

表 2-1　　FX2N 系列 PLC 交流电源、24V 直流输入型种类

模　型	I/O 总数	输入		输出		尺寸 mm（英寸）（宽）×（厚）×（高）
		数目	类型	数目	类型	
FX2N-16MR-001	16	8	漏型	8	继电器	130×87×90（5.12×3.4×3.5）
FX2N-16MT					晶体管	
FX2N-32MR-001	32	16	漏型	16	继电器	150×87×90（5.9×3.4×3.5）
FX2N-32MT					晶体管	
FX2N-48MR-001	48	24	漏型	24	继电器	182×87×90（7.2×3.4×3.5）
FX2N-48MT					晶体管	
FX2N-64MR-001	64	32	漏型	32	继电器	220×87×90（8.7×3.4×3.5）
FX2N-64MT					晶体管	
FX2N-80MR-001	80	40	漏型	40	继电器	285×87×90（11.2×3.4×3.5）
FX2N-80MT					晶体管	
FX2N-128MR-001	128	64	漏型	64	继电器	350×87×90（13.8×3.4×3.5）
FX2N-128MT					晶体管	

表 2-2　　FX2N 系列 PLC 24V 直流电源、24V 直流输入型种类

模　型	I/O 总数	输入		输出		尺寸 mm（英寸）（宽）×（厚）×（高）
		数目	类型	数目	类型	
FX2N-32MR-D	32	16	漏型	16	继电器	150×87×90（5.9×3.4×3.5）
FX2N-32MT-D					晶体管	
FX2N-48MR-D	48	24	漏型	24	继电器	182×87×90（7.2×3.4×3.5）
FX2N-48MT-D					晶体管	
FX2N-64MR-D	64	32	漏型	32	继电器	220×87×90（8.7×3.4×3.5）
FX2N-64MT-D					晶体管	
FX2N-80MR-D	80	40	漏型	40	继电器	285×87×90（11.2×3.4×3.5）
FX2N-80MT-D					晶体管	

表 2-3　　FX2N 系列 PLC 性能规格

项　目		规　格	备　注
运转控制方法		通过储存的程序周期运转	
I/O 控制方法		批次处理方法（当执行 END 指令时）	I/O 指令可以刷新
运转处理时间		基本指令：0.08μs 应用指令：1.52 至几百秒/指令	
编程语言		逻辑梯形图和指令清单	使用步进梯形图能生成 SFC 类型程序
程序容量		8000 步内置	使用附加寄存器盒可扩展到 16 000 步
指令数目		基本顺序指令：27 步进梯形指令：2 应用指令：128	最大可用 298 条应用指令
I/O 配置		最大硬件 I/O 配置 256，依赖于用户的选择（最大软件可设定地址输入 256、输出 256）	
辅助继电器（M 线圈）	一般	500 点	M0～M499
	锁定	2572 点	M500～M3071
	特殊	256 点	M8000～8255
状态继电器（S 线圈）	一般	490 点	S10～S499
	锁定	400 点	S500～S899
	初始	10 点	S0～S9
	信号报警器	100 点	S900～S999
定时器（T）	100ms	范围：0～3276.7s 200 点	T0～T199
	10ms	范围：0～327.67s 46 点	T200～T245
	1ms 保持型	范围：0～32.767s 4 点	T246～T249
	100ms 保持型	范围：0～3276.7s 6 点	T250～T255
计数器（C）	一般 16 位	范围：0～32 767 数 16 点	C0～C199 类型：16 位上计数器
	锁定 16 位	100 点（子系统）	C100～C199 类型：16 位上计数器
	一般 32 位	范围：−2 147 483 648～ +3 214 748 364 735 点	C200～C219 类型：32 位上/下计数器
	锁定 32 位	15 点	C220～C234 类型：32 位上/下计数器
高速计数器（C）	单相	范围：−2 147 483 648～+2 147 483 647 数 一般规则：选择组合计数频率不大于 20kHz 的计数器组合 注意：所有的计数器都锁定	C235～C240 6 点
	单相 C/W 起始停止输入		C241～C245 5 点
	双相		C246～C250 5 点
	U/V 相		C251～C255 5 点
数据寄存器（D）	一般	200 点	D0～D199 类型：32 位元件的 16 位数据存储寄存器对

续表

项　目		规　格	备　注
数据寄存器（D）	锁定	7800 点	D200～D7999 类型：32 位元件的 16 位数据存储寄存器对
	文件寄存器	7000 点	D1000～D7999 通过 14 块 500 程序步的参数设置 类型：16 位数据存储寄存器
	特殊	256 点	D8000～D8255 类型：16 位数据存储寄存器
	变址	16 点	V0～V7 和 Z0～Z7 类型：16 位数据存储寄存器
指针（P）	用于 CALL	128 点	P0～P127
	用于中断	6 输入点、3 定时器、6 计数器	100*～150*和 16**～18** （上升触发*=1，下降触发*=0， **=时间（ms））
嵌套层次		用于 MC 和 MRC 时 8 点	N0～N7
常数	十进位 K	16 位：−32 768～+32 768 32 位：−2 147 483 648～+2 147 483 647	
	十六进位 H	16 位：0000～FFFF 32 位：00000000～FFFFFFFF	
	浮点	32 位：$\pm1.175\times10^{-38}$，$\pm3.403\times10^{+38}$（不能直接输入）	

三菱电机公司的 FX 系列为小型机，FX2N 系列 PLC 是目前运行速度最快的小型 PLC 之一，体积只有 FX2 的 50%，运行速度却比 FX2 快 6 倍，达到 0.08μs/步，是三菱具有代表性的小型 PLC。

二、FX2N 系列 PLC 的组成

下面以小型 FX2N 系列 PLC 为例，介绍 PLC 的硬件及软件组成。

1. 硬件组成

（1）CPU（Central Processing Unit）。它是 PLC 的核心组成部分，与通用微机的 CPU 一样，在 PLC 系统中的作用类似于人体的神经中枢，称为“电脑”。其功能如下。

1）PLC 中系统程序赋予的功能，接收并存储从编程器输入的用户程序和数据。

2）用扫描方式接收现场输入装置的状态，并存入输入映像寄存器。

3）诊断电源、PLC 内部电路工作状态和编程过程中的语法错误。

4）在 PLC 进入运行状态后，从存储器中逐条读取用户程序，按指令规定的任务产生相应的控制信号去启闭有关控制电路。分时分渠道地执行数据的存取、传送、组合、比较和变换等动作，完成用户程序中规定的逻辑或算术运算等任务。根据运算结果，更新有关标志位的状态和输出映像寄存器的内容，再由输出映像寄存器的位状态或数据寄存器的有关内容，实现输出控制、制表、打印或数据通信等。

（2）系统程序存储器。用以存放系统工作程序（监控程序）、模块化应用功能子程序、命令解释、功能如程序的调用管理程序以及接对应定义（I/O、内部继电器、计时/计数器、移位寄存器等）存储各种系统参数等功能。

（3）用户存储器。用以存放用户程序。PLC 的用户存储器通常以字（16 位/字）为单位来表示存储容量。同时，由于系统程序直接关系到 PLC 的性能，不能由用户直接存取。因而，通常 PLC 产品资料中所指的存储器型式或存储方式及容量，是相对用户程序存储器而言的。

常用的存储器或存储方式有 CMOS RAM、EPROM 和 EEPROM。信息外存常用盒式磁带和磁盘。

CMOS RAM 存储器是一种中高密度、低功耗、价格低的半导体存储器，可用电池作备用电源。一旦交流电源停电，用锂电池来维持供电，可保存 RAM 内停电前的数据。锂电池寿命一般为 1～5 年。

EPROM 存储器是一种常用的只读存储器，写入时加高电平，擦除时用紫外线照射。EEPROM 存储器是一种可用电改写的只读存储器。

（4）输入/输出元件（I/O 模块）。I/O 模块是 CPU 与现场 I/O 装置或其他外部设备之间的连接部件。PLC 提供了各种操作电平与驱动能力的 I/O 模块和各种用途的 I/O 元件供用户选用。如输入/输出电平转换、电气隔离、串/并行转换、数据传送、误码校验、A/D 或 D/A 变换以及其他功能模块等。I/O 模块将外部输入信号变换成 CPU 能接受的信号，或将 CPU 的输出信号交换成需要的种类制式信号去驱动控制对象，以确保整个系统正常工作。

1）输入接口电路。输入接口电路用于接收生产过程的各种参数。要求具有较强的抗干扰能力，同时能够满足工业现场各类信号的匹配要求。PLC 输入接口电路分为开关量、模拟量输入接口电路等。

开关量输入接口电路：开关量输入接口电路用于将现场的开关量信号采集到 PLC 中，以待 PLC 进行处理。开关量信号主要来自于现场一些开关类低压电器元件，如按钮、选择开关、数字拨码开关、限位开关、接近开关、光电开关、压力继电器、继电器触点、热继电器触点等。

开关量输入接口电路按可接收的外部信号电源类型不同，分为直流输入、交流/直流输入及交流输入电路等。PLC 直流输入接口电路如图 2-3 所示，交流输入接口电路如图 2-4 所示，交流/直流输入接口电路如图 2-5 所示。

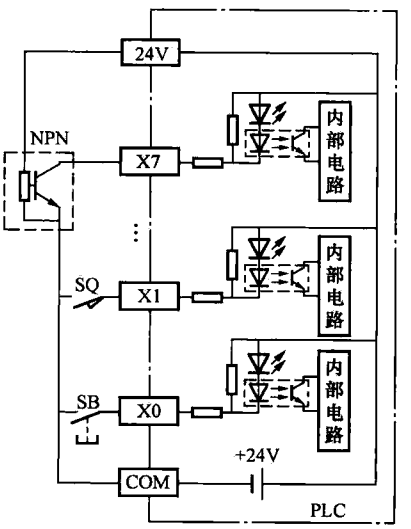


图 2-3　PLC 直流输入接口电路

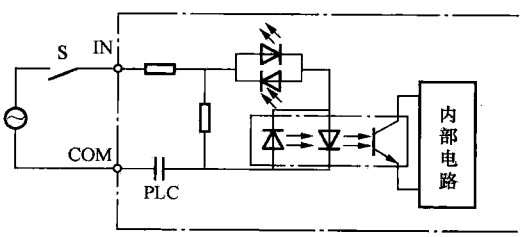


图 2-4　PLC 交流输入接口电路

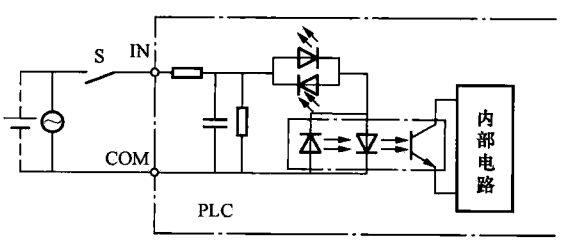


图 2-5　PLC 交流/直流输入接口电路

输入接口电路中都有滤波电路和光电耦合隔离电路。滤波电路具有抗干扰的作用，采用

光电耦合隔离电路与现场输入信号相连是为了防止现场的干扰信号进入 PLC，同时采用光电耦合隔离电路可以产生标准的输入信号。由于输入和输出端是靠光信号耦合的，所以输出端的信号不会反馈到输入端，也不会产生地线干扰和其他串扰。光电耦合电路的关键器件是光耦合器。光耦合器由发光二极管和光敏三极管组成。

在三种输入接口电路中，无论哪一种输入方式，当输入信号接通后都会使得光电耦合器中的发光二极管点亮，使得光敏三极管饱和导通，CPU 在输入采样阶段读入数字 1；当输入信号断开后都会使得光电耦合器中的发光二极管熄灭，光敏三极管处于截止状态，CPU 在输入采样阶段读入数字 0。

开关量输入接口电路的主要参数是输入电流。现场开关闭合时，必须有足够的电流流入光耦输入端，使光敏三极管完全导通；而当现场开关断开时，必须保证流入光耦输入端的电流足够小，以保证光耦输出端的光敏三极管可靠截止。不同型号的 PLC 对输入可靠动作的电流都有明确地规定，使用时可参照使用手册。

模拟量输入接口电路：模拟量输入接口电路的作用是把现场连续变化的模拟量标准信号转换成 PLC 可以进行内部处理的数字信号。

现场中模拟量的变化范围一般是不标准的，在送入 PLC 模拟量输入接口前一般需要经过变送处理。模拟量输入接口接收标准模拟电压或电流。标准信号是指符合国际标准的通用交互用电压电流信号值，如 4～20mA 的直流电流信号，1～10V 的直流电压信号等。模拟量输入接口的电路框图如图 2-6 所示。

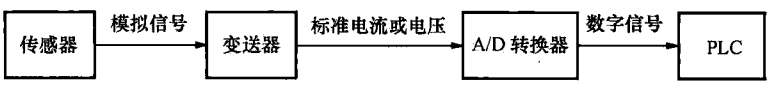


图 2-6　模拟量输入接口的电路框图

模拟量首先被传感器和变送器转换为标准的电流或电压，通过 A/D 转换器将模拟量变成数字量送入 PLC，PLC 根据数字量的大小便能判断模拟量的大小。如：测速发电机随着电动机速度的变化其输出的电压变化，其输出的信号通过变送器后送入 A/D 转换器，变成数字量，PLC 对此信号进行处理，便可知速度的快慢。

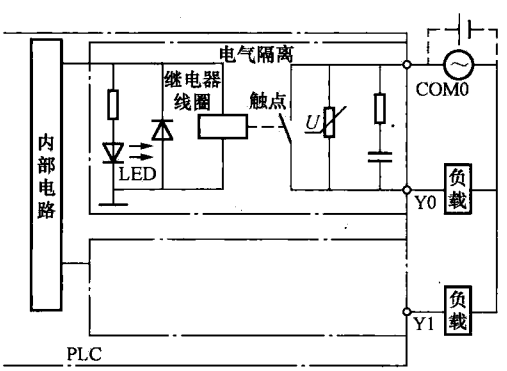


图 2-7　继电器输出接口电路

模拟量输入接口一般安装在专用的模拟量输入模块上。

2）输出接口电路。输出接口电路用于信号输出，输出信号控制执行部件完成各种动作。开关量输出接口电路的功率放大元件有继电器、晶体管和晶闸管三种，输出电流为 0.3～2A。模拟量输出接口电路一般由光电隔离、D/A 转换和信号驱动等环节组成。

开关量输出接口电路：继电器输出接口电路如图 2-7 所示。图中继电器既是输出开关器件，又是隔离和功率放大器件。内部电路使得输出继电器线圈通电，继电器动合触点闭合，使外部负载电路接通，同时点亮输出指示灯，指示该

路输出端有输出。每一路输出只给用户提供一对动合触点。与触点并联的电阻和电容与压敏电阻组成了灭弧电路，以消除继电器断开时产生的电弧。负载电源由外部提供。

晶体管输出接口电路如图 2-8 所示。由内部电路送出的输出信号经光电耦合器送给输出晶体管，晶体管的饱和导通状态和截止状态相当于触点的接通和关断，这样，负载在外部电源的驱动下通电、断电。图中稳压管用于输出端的过电压保护。另外，还有采用场效应管作为输出元件的，其输出电路与晶体管输出电路类似。

晶闸管输出接口电路如图 2-9 所示。由内部电路送出的输出信号经光电耦合器送给输出电路中的双向晶闸管，其导通后，相应的负载在外部电源的驱动下接通，同时点亮输出指示灯，表示该路有输出。

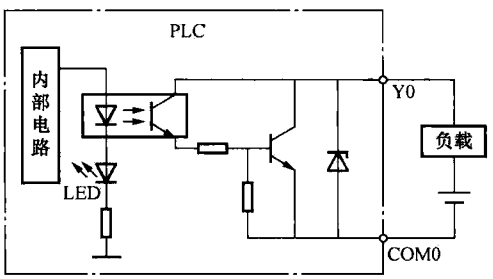


图 2-8　晶体管输出接口电路

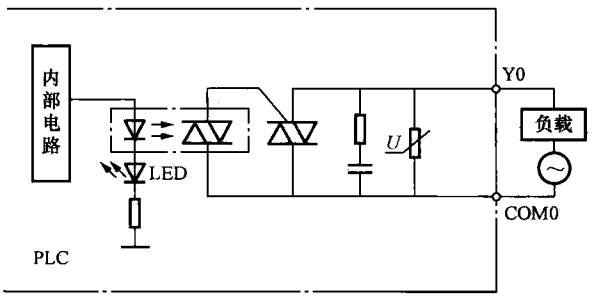


图 2-9　晶闸管输出接口电路

开关量输出接口电路的主要技术参数。

响应时间：响应时间为 PLC 输出器件由一种状态转变为另一种状态所需的时间。继电器输出型 PLC 的响应时间最长，从输出继电器的线圈通电到触点闭合约 10ms；晶体管输出型 PLC 从光耦获得或失去驱动信号到晶体管完全导通或完全截止的时间在 0.2ms 以下；晶闸管输出型 PLC 从光控晶闸管获得或失去驱动信号到晶闸管完全导通或完全截止的时间在 1ms 以下。

输出电流：继电器输出型 PLC 具有较大的输出电流，纯阻性负载在 AC 220V 以下的电路中为 2A/点，晶体管输出型和晶闸管输出型 PLC 的输出电流较小，一般为 0.5A/点和 0.3A/点。不同型号的 PLC 其输出电流有所不同，使用时注意参阅使用手册。对于感性负载，由于在断开的瞬间会产生较高的自感电动势，使用时在考虑输出电流时要留有余地。

开路漏电流：开路漏电流为 PLC 输出处于关断状态时，输出回路中的电流。继电器输出型 PLC 没有漏电流。晶体管输出型 PLC 开路漏电流较小，在 0.1mA 以下，一般不会造成输出误动作。晶闸管输出型 PLC 开路漏电流较大，为 2.4mA 左右。因为在 PLC 内部，与晶闸管并联了 RC 吸收电路，故引起了开路漏电流。使用晶闸管输出型 PLC 时，一定要注意开路漏电流问题。

开关量输出接口电路输出公共点：PLC 的输出通常是分组的，即几个输出点共用一个公共点，也有单独一个输出点为一组的。各组输出点是相互隔离的。对于共用一个公共点的同一组输出，必须使用同一电压类型和等级的电源，不同公共点组可以使用不同电压类型和等级的电源。这就为 PLC 用来控制整个系统提供了方便，因为在一个较大的控制系统中，执行元件的电压等级和类型不可能完全相同。如：在一个控制系统中有三相异步电动机，又有汽

缸完成各种动作，而控制电动机运转的交流接触器的线圈电压为 AC 220V，控制汽缸动作的电磁阀电压却为 DC 24V，这样设计时就要把它们分在不同的公共点组，在公共点上提供不同等级和类型的外接电源。

模拟量输出接口电路：模拟量输出接口电路的作用是将 PLC 处理后的数字量信号转换为相应的模拟量信号输出，以满足生产过程现场连续控制信号的需要。模拟量输出接口电路主要由光电隔离、D/A 转换及驱动等环节组成。图 2-10 为模拟量输出接口电路框图。模拟量输出接口一般安装在专用的模拟量输出模块上。

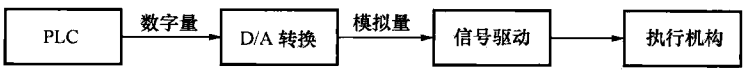


图 2-10　模拟量输出接口电路框图

（5）手持编程器。手持编程器适用于用户程序的编制、编辑、调试检查和监视，还可以通过其键盘去调用和显示 PLC 的一些内部状态和系统参数。它通过通信端口与 CPU 联系，完成人机对话连接。如 FX-10P-E 手持编程器上有供编程用的键盘（35 个键，其中 11 个功能键、24 个指令键和数字键）和显示屏，键盘由功能键、指令键、软元件符号键和数字键等；显示屏是一个 2 行，每行 16 个字符的液晶显示器。手持编程器分为简易型和简易智能型两类。前者只能联机编程，而后者既可联机编程，又可脱机编程。根据不同档次的 PLC 产品，选配相应的手持编程器。

（6）外部设备。一般 PLC 都配有盒式录音机、打印机、EPROM 写入器、高分辨率屏幕彩色图形监控系统等外部设备。

（7）电源。根据 PLC 的设计特点，它对电源并无特殊需求，可使用一般工业电源。

2. 软件组成

（1）系统监控程序。系统监控程序前面第二章第二节已经介绍，在此不再赘述。

（2）用户程序。用户程序是可编程序控制器的用户编制的针对控制问题的程序。它是用梯形图或某种可编程序控制器指令的助记符编制而成的，可以是梯形图、指令表、高级语言、汇编语言等，其助记符形式随可编程序控制器型号的不同而略有不同。用户程序是线性地存储在监控程序指定的存储区间内，它的最大容量也是由监控程序限制的。

（3）用户环境。用户环境是由监控程序生成的，包括用户数据结构、用户元件区分配、用户程序存储区、用户参数、文件存储区等。

1）用户数据结构。用户数据结构主要分为三类：

第一类为位数据。这是一类逻辑量，其值为“0”或“1”。最原始的可编程序控制器中处理的就是这类数据，它表示触点的通、断，线圈的通、断，标志的 ON、OFF 状态等。

第二类为字数据。其数制、位长、形式都有很多种。在 FX2N、A 系列中采用 4 位 BCD 码，双字节采用 8 位 BCD 码。书写时若为十进制数就冠以 K（例如 K789）；若为十六进制数就冠以 H（例如 H789）。实际处理时还可选用八进制、十六进制、ASCII 码的形式。

第三类为位与字的混合，即同一个元件有位元件又有字元件。例如 T（定时器）和 C（计数器），它们的触点为位，而设定值寄存器和当前值寄存器又为字。

2）逻辑元件。用户使用的每一个输入/输出端子及内部的每一个存储单元都称为逻辑元

件。各种元件有其不同的功能和固定的地址。元件的数量是由监控程序规定的，它的多少决定了可编程序控制器整个系统的规模及数据处理能力。每一种可编程序控制器的元件数都是有限的。FX2N 系列 PLC 部分元件的功能在第二节介绍。

三、FX2N 系列 PLC 的 I/O 通道分配

图 2-11 为三菱 FX2N-64MR 型 PLC 基本单元输入/输出（I/O）端子排列图。X 为输入端子，Y 为输出端子。图中输出部分有 COM1、COM2、…、COM6，共 6 个公共点，构成 6 组输出，各组公共端间相互隔离。对于共用一个公共端的同一组输出，必须用同一电压类型和同一电压等级的设备；不同的公共端组，可使用不同的电压类型和电压等级的设备。如 Y0～Y3 共用 COM1、Y4～Y7 共用 COM2，Y0～Y3 使用的电压可以是 AC 220V，Y4～Y7 使用的电压可以是 DC 24V。这为不同类型和等级的负载设备的驱动提供了方便。

图 2-12 为三菱 FX2N-64MR 型 PLC 输入信号接线示意图。输入端子和 COM 端子之间用无电压接点或 NPN 开路集电极晶体管连接，就进入输入状态。这时表示输入的 LED 灯亮。

图 2-13 为三菱 FX2N-64MR 型 PLC 输出信号接线示意图。图中继电器 KA1、KA2 和接触器 KM1、KM2 线圈都为 AC 220V，电磁阀 YV1、YV2 为 DC 24V，这样电磁阀与继电器和接触器便不能分在同一组，而继电器和接触器为相同类型与等级的电压，可以分在同一组。相同电压类型与等级的负载设备如果一组安排不下，可以分在两组或多组，但这些组的公共端要连接在一起。

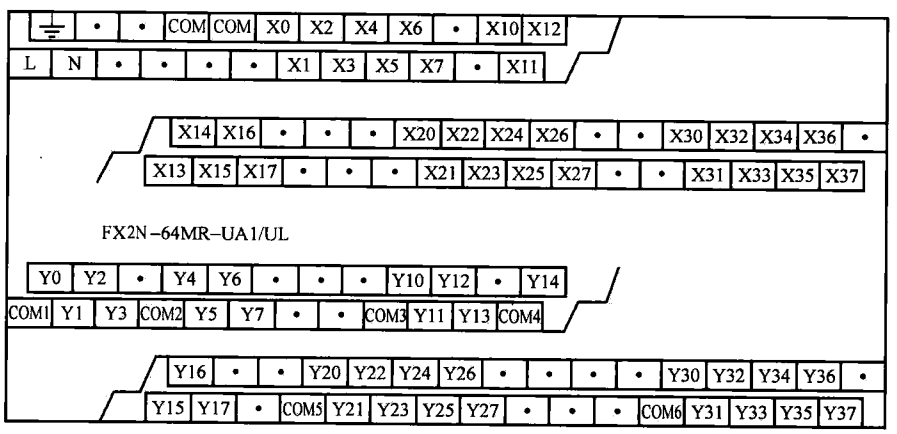


图 2-11　三菱 FX2N-64MR 型 PLC 基本单元输入/输出（I/O）端子排列图

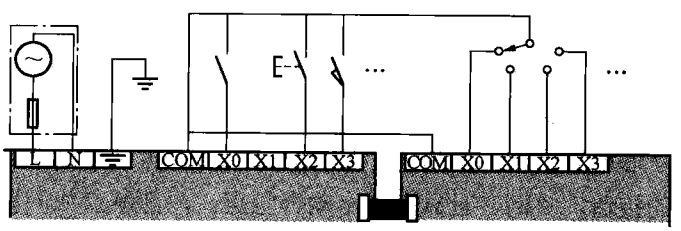


图 2-12　三菱 FX2N-64MR 型 PLC 输入信号接线示意图

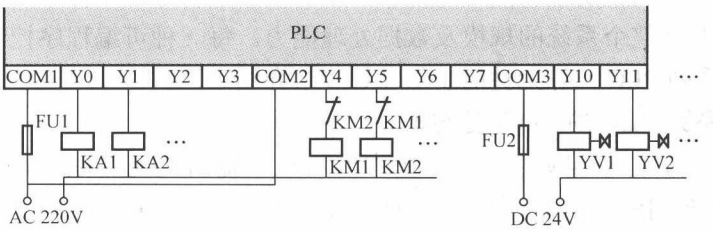


图 2-13　三菱 FX2N-64MR 型 PLC 输出信号接线示意图

第二节　内部编程元件及其功能

一、输入继电器 X

输入继电器与 PLC 输入端子相连，是 PLC 接受外部输入信号的窗口。输入继电器与输入端子之间是经过光电耦合的。输入继电器与输入端子是一一对应的，有多少输入端子就有多少输入继电器。输入端子可以外接动合或动断触点，也可以接多个触点组成的串/并联电路或电子传感器（如接近开关）等。输入继电器是一种软继电器，其动合或动断触点在梯形图可以无限次使用，这与普通的电磁继电器不同。输入继电器只能由外部信号驱动，不能在程序中由指令驱动，所以其线圈在程序设计时不允许出现，其触点也不能直接输出带动负载。图 2-14 所示为 PLC 输入继电器电路示意图。

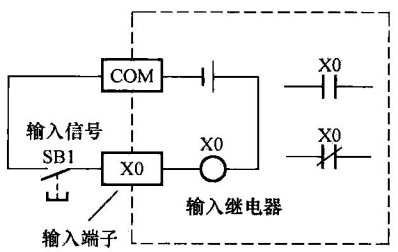


图 2-14　PLC 输入继电器电路示意图

输入继电器的元件编号为八进制。如：FX2N-32M 型 PLC 共有 16 个输入点，编号分别为 X0～X7，X10～X17。扩展单元和扩展模块的输入继电器编号是从基本单元开始按连续顺序，以八进制进行编号。表 2-4 为三菱 FX2N 系列 PLC 主机输入继电器元件编号。

表 2-4　　三菱 FX2N 系列 PLC 主机输入继电器元件编号

PLC 型号	FX2N-16M	FX2N-32M	FX2N-48M	FX2N-64M	FX2N-80M	FX2N-128M
输入继电器	X0～X7 8 点	X0～X17 16 点	X0～X27 24 点	X0～X37 32 点	X0～X47 40 点	X0～X77 64 点

二、输出继电器 Y

输出继电器是 PLC 向外部负载发送控制信号的窗口。输出继电器用来将 PLC 的输出信号通过输出电路硬件驱动外部负载。外部信号不能直接驱动输出继电器，只能在程序内部由指令来驱动。输出继电器的触点分为外部输出触点（硬件）和内部触点（软继电器触点）两种，外部输出触点（继电器触点、晶闸管、晶体管等输出元件）连接在 PLC 的输出端子上，用于控制负载电路的接通、关断，且只有一个动合触点。内部触点如同输入继电器一样，其动合触点和动断触点在梯形图中可以多次使用，不受次数限制。输出继电器与输出端子是一一对应的，有多少输出端子就有多少输出继电器。输出继电器是 PLC 唯一能够驱动外

部负载的元件。图 2-15 所示为 PLC 输出继电器电路示意图。

输出继电器的元件编号为八进制。如：FX2N-32M 型 PLC 共有 16 个输出点，编号分别为 Y0～Y7，Y10～Y17。扩展单元和扩展模块的输出继电器编号是从基本单元开始按连续顺序，以八进制进行编号的。表 2-5 为 FX2N 系列 PLC 主机输出继电器元件编号。

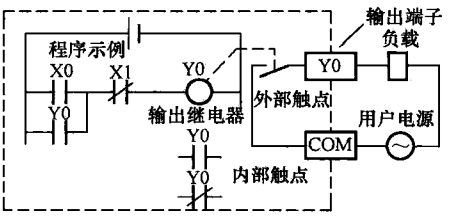


图 2-15　PLC 输出继电器电路示意图

表 2-5　　FX2N 系列 PLC 主机输出继电器元件编号

PLC 型号	FX2N-16M	FX2N-32M	FX2N-48M	FX2N-64M	FX2N-80M	FX2N-128M
输出继电器	Y0～Y7 8 点	Y0～Y17 16 点	Y0～Y27 24 点	Y0～Y37 32 点	Y0～Y47 40 点	Y0～Y77 64 点

三、辅助继电器 M

辅助继电器是 PLC 中数量最多的一种继电器，一般的辅助继电器与继电器控制系统中的中间继电器相似。辅助继电器不能直接驱动外部负载，负载只能由输出继电器的外部触点驱动。辅助继电器的动合与动断触点在 PLC 内部编程时可无限次使用。

辅助继电器采用M与十进制数共同组成编号（只有输入/输出继电器才用八进制数）。

1. 通用辅助继电器（M0～M499）

FX2N 系列共有 500 点通用辅助继电器。通用辅助继电器在 PLC 运行时，如果电源突然断电，则全部线圈均呈 OFF 状态。当电源再次接通时，除了因外部输入信号而变为 ON 的以外，其余的仍将保持 OFF 状态，它们没有断电保护功能。通用辅助继电器常在逻辑运算中作为辅助运算、状态暂存、位移等。

根据需要可通过程序设定，将 M0～M499 变为断电保持辅助继电器。

2. 断电保持辅助继电器（M500～M3071）

FX2N 系列有 M500～M3071 共 2572 个断电保持辅助继电器。它与普通辅助继电器不同的是，其具有断电保护功能，即能记忆电源中断时保持其原有的状态，这是因为电源中断时用 PLC 中的锂电池保持它们映像寄存器中的内容。其中 M500～M1023 可由软件将其设定为通用辅助继电器。

3. 特殊辅助继电器

PLC 内有大量的特殊辅助继电器，它们都有各自的特殊功能。FX2N 系列中有 256 个特殊辅助继电器，可分成触点型和线圈型两大类。

（1）触点型。其线圈由 PLC 自动驱动，用户只可使用其触点。例如：

M8000：运行监视器（在 PLC 运行中接通），M8001 与 M8000 逻辑相反。

M8002：初始脉冲（仅在运行开始时瞬间接通），M8003 与 M8002 逻辑相反。

M8005：PLC 后备锂电池电压过低时接通。

M8011、M8012、M8013 和 M8014 分别是产生 10ms、100ms、1s 和 1min 时钟脉冲的特殊辅助继电器。

（2）线圈型。由用户程序驱动线圈后 PLC 执行特定的动作。

M8030：线圈被驱动后使后备锂电池欠电压指示灯灭。

M8033：若使其线圈得电，则 PLC 停止时保持输出映像存储器和数据寄存器内容。

M8034：若使其线圈得电，则 PLC 的输出全部禁止。

M8039：若使其线圈得电，则 PLC 按 D8039 中指定的扫描时间工作。

注意：没有定义的特殊辅助继电器不可在用户程序中出现。

表 2-6 为 FX2N 系列 PLC 辅助继电器元件编号。

表 2-6　　FX2N 系列 PLC 辅助继电器元件编号

PLC 机型	通用	失电保持用	特殊用
FX2N FX2NC 系列	M0～M499 500 点	M500～M3071 2572 点	M8000～M8255 256 点

四、状态器 S

状态器用来记录系统运行中的状态。它是编制顺序控制程序的重要编程元件，与后述的步进顺控指令 STL 配合应用。

状态器有五种类型：初始状态器 S0～S9 共 10 点；回零状态器 S10～S19 共 10 点；通用状态器 S20～S499 共 480 点；具有状态断电保持的状态器 S500～S899 共 400 点；供报警用的状态器（可用于外部故障诊断输出）S900～S999 共 100 点。

FX2N、FX2NC 系列 PLC 状态继电器分类如下。

（1）初始状态继电器 S0～S9 共 10 点，用于顺序控制功能图（状态转移图）的初始状态。

（2）回零状态继电器 S10～S19 共 10 点，在多运行模式控制中，用于返回原点的状态。

（3）通用状态继电器 S20～S499 共 480 点，用于顺序控制功能图中的中间状态。

（4）失电保持状态继电器 S500～S899 共 400 点，用于来电后继续执行停电前状态的场合。

（5）报警用状态继电器 S900～S999 共 100 点，可用做报警组件。

通用状态继电器没有失电保持功能。在使用 IST（初始化状态功能）指令时，S0～S9 供初始状态使用。失电保持状态继电器 S500～S899 在断电时依靠后备锂电池供电保持。在使用应用指令 ANS（信号报警器置位）和 ANR（信号报警器复位）时，报警用状态继电器 S900～S999 可用作外部故障诊断输出。报警用状态继电器为失电保持型。

在使用状态器时应注意：

（1）状态器与辅助继电器一样有无数的动合和动断触点。

（2）状态器不与步进顺控指令 STL 配合使用时，可用做辅助继电器 M。

（3）FX2N 系列 PLC 可通过程序设定将 S0～S499 设置为有断电保持功能的状态器。

表 2-7 为 FX2N 系列 PLC 状态继电器元件编号。

表 2-7　　FX2N 系列 PLC 状态继电器元件编号

PLC 机型	通用	使用 IST 指令时			使用 ANS 和 ANR 时		
		初始化用	IST 指令时的回零用	失电保持用	初始化用	IST 指令时的回零用	报警用
FX2N FX2N C 系列	S0～S499 500 点	S0～S9 10 点	S10～S19 10 点	S500～S899 400 点	—	—	S900～S999 100 点

五、定时器 T

PLC 中的定时器（T）相当于继电器控制系统中的通电型时间继电器。它可以提供无限对动合、动断延时触点。定时器中有一个设定值寄存器（一个字长）、一个当前值寄存器（一个字长）和一个用来存储其输出触点的映像寄存器（一个二进制位），这 3 个量使用同一地址编号，但使用场合不一样，意义也不同。

FX2N 系列中定时器可分为通用定时器、积算定时器两种。它们是通过对一定周期的时钟脉冲进行累计实现定时的，时钟脉冲有周期为 1、10、100ms 三种，当累积计数达到设定值时触点动作。设定值可用常数 *K* 或数据寄存器 D 的内容来设置。

（1）通用定时器（非积算定时器）。通用定时器的特点是不具备断电保持功能，即当输入电路断开或停电时定时器复位。通用定时器有 100ms 和 10ms 通用定时器两种。

100ms 通用定时器（T0～T199）共 200 点，其中 T192～T199 为子程序和中断服务程序专用定时器。这类定时器是对 100ms 时钟累积计数，设定值为 1～32 767，所以其定时范围为 0.1～3276.7s。

10ms 通用定时器（T200～T245）共 46 点。这类定时器是对 10ms 时钟累积计数，设定值为 1～32 767，所以其定时范围为 0.01～327.67s。

下面举例说明通用定时器的工作原理。如图 2-16 所示。当输入 X0 接通时，定时器 T200 从 0 开始对 10ms 脉冲进行累积计数；当计数值与设定值 K123 相等时，定时器的动合触点 T200 接通 Y0，经过的时间为 123×0.01s=1.23s。当 X0 断开后定时器复位，计数值变为 0，其动合触点断开，Y0 也随之关闭，若外部电源断电，定时器也将复位。

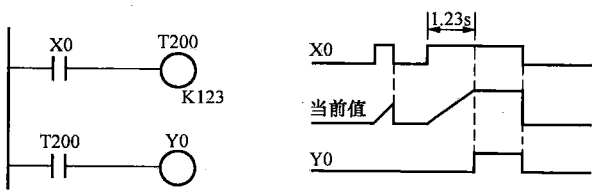


图 2-16　通用定时器在程序中的工作原理

（2）积算定时器。积算定时器具有计数累积的功能。在定时过程中，如果断电或定时器线圈关闭，积算定时器始终保持当前的计数值（当前值）。通电或定时器线圈 ON 后继续累积，即其当前值具有保持功能。只有将积算定时器复位，当前值才变为 0。

1）1ms 积算定时器（T246～T249）共 4 点，是对 1ms 时钟脉冲进行累积计数的，定时的时间范围为 0.001～32.767s。

2）100ms 积算定时器（T250～T255）共 6 点，是对 100ms 时钟脉冲进行累积计数的，定时的时间范围为 0.1～3276.7s。

下面举例说明积算定时器的工作原理。如图 2-17 所示，当 X1 接通时，T250 当前值计数器开始累积 100ms 时钟脉冲的个数。如果相加值等于设定值 K345（即 0.1s×345=34.5s），则定时器的输出触点动作。在计算过程中，X1 断开或停电，在再次动作后，继续进行相加计算，直到相加的时间等于设定的时间后，定时器触点动作。积算定时器具有失电记忆功能。要想使得 T250 复位，只有复位输入 X2 接通，强制进行。

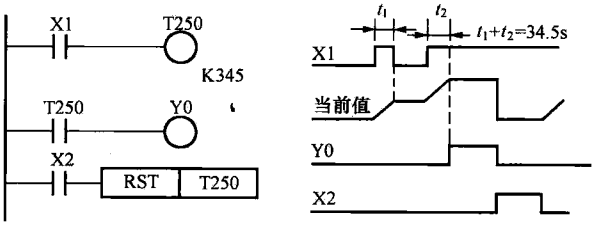


图 2-17　积算定时器在程序中的工作原理

六、计数器 C

FX2N 系列计数器分为内部计数器和高速计数器两类。

1. 内部计算器

内部计算器在执行扫描操作时对内部信号（如 X、Y、M、S、T 等）进行计算。内部输入信号接通和断开时间应比 PLC 的扫描周期稍长。

16 位增计数器（C0～C199）共 200 点，其中 C0～C99 为通用型，C100～C199 共 100 点为断电保持型（断电保持型即断电后能保持当前值，待通电后继续计数）。这类计数器为递加计数，应用前先对其设置一设定值，当输入信号（上升沿）个数累加到设定值时，计数器动作，其动合触点闭合，动断触点断开。计数器的设定值 1～32 767（16 位二进制数），设定值除了用常数 *K* 设定外，还可间接通过指数数据寄存器设定。

下面举例说明通用型 16 位增计数器的工作原理。如图 2-18 所示，X1 为复位信号，当 X1 为 ON 时 C0 复位。X2 是计数输入，每当 X2 接通一次计数器当前值增加 1（注意 X1 断开，计数器不会复位）。当计数器计数当前值为设定值 10 时，计数器 C0 的输出触点动作，Y0 被接通。此后即使输入 X2 再接通，计数器的当前值也保持不变。当复位输入 X1 接通时，执行 RST 复位指令，计数器复位，输出触点也复位，Y0 断开。

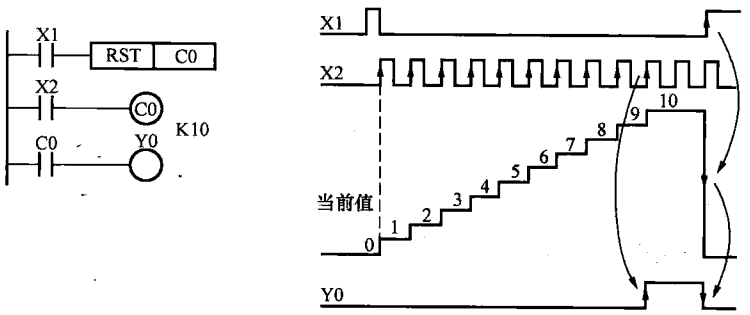


图 2-18　16 位增计数器的工作原理

32 位增/减计数器（C200～C234）共有 35 点，其中 C200～C219（共 20 点）为通用型，C220～C234（共 15 点）为断电保持型。这类计数器与 16 位增计数器除位数不同外，还在于它能通过控制实现加/减双向计数。设定值范围均为−2 147 483 647～+2 147 483 648（32 位）。

C200～C234 是增计数还是减计数，分别由特殊辅助继电器 M8200～M8234 设定。对应的特殊辅助继电器被置为 ON 时为减计数，置为 OFF 时为增计数。

计数器的设定值与 16 位计数器一样，可直接用常数 *K* 或间接用数据寄存器 D 的内容作

为设定值。在间接设定时，要用编号紧连在一起的两个数据寄存器。

如图 2-19 所示，计数器 C212 用做增计数还是减计数取决于 M8212 的通、断。M8212 断开，C212 用做增计数，M8212 接通，C212 用做减计数。因而 X1 的通、断决定了 C212 的计数方向。X3 作为计数输入，驱动 C212 线圈进行增计数或减计数。X2 用于计数器 C212 复位。

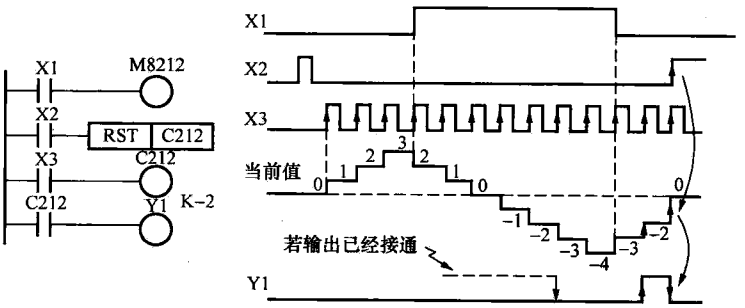


图 2-19　32 位增/减双向计数器的动作时序

当计数器当前值由-3→-2（增加）时，计数器的触点接通（置位），Y1 便有输出；当计数器当前值由-2→-3（减小）时，计数器的触点断开（复位）。当复位输入 X2 接通，通过 RST（复位）指令，使得计数器 C212 复位，其触点断开（复位），随之 Y1 停止输出。

双向计数器是循环计数器，如果计数器的当前值在最大值 2 147 483 647 时进行增计数，则前值就成为最小值-2 147 483 647；类似地，如果计数器的当前值在最小值-2 147 483 647 时进行减计数，则前值就成为最大值 2 147 483 647。

表 2-8　　**三菱 FX 系列 PLC 内部计数器元件编号**

PLC 机型	16 位增计数器 0～32 767		32 位增/减双向计数器 -2 147 483 648～+2 147 483 647	
	通用	失电保持用	通用	失电保持用
FX2N FX2NC 系列	C0～C99 100 点	C100～C199 100 点	C200～C219 20 点	C220～C234 15 点

2. 高数计数器

高速计数器用来对外部信号进行计数，工作方式是按中断方式运行的，与扫描周期无关。一般高速计数器均为 32 位增/减双向计数器，最高计数频率可达 10kHz。高速计数器除了具有普通计数器通过软件完成启动、复位、使用特殊辅助继电器改变计数方向外，还可通过机外信号实现对其工作状态的控制，如启动、复位、改变计数方向等。高速计数器除了具有普通计数器的达到设定值其触点动作这一工作方式外，还具有专门的控制指令，可以不通过本身的触点，以中断的工作方式直接完成对其他器件的控制。

三菱 FX 系列 PLC 中共有 21 点高速计数器，元件编号为 C235～C255。这些计数器在 PLC 中共享 6 个高速计数器输入端 X0～X5。当一个输入端被某个高速计数器占用时，这个输入端就不能再用于另一个高速计数器，也不能用作其他的输入。即，由于只有 6 个高速计数的输入，因此，最多只能同时用 6 个高速计数器。X6、X7 也是高速输入，但只能用作启动信

号而不能用于高速计数。高速计数器都具有失电保持功能，也可以利用参数设定变为非失电保持型，不作为高速计数器使用的输入端可作为普通输入继电器使用，不作为高速计数器使用的高速计数器编号也可作为普通 32 位数据寄存器使用。

三菱 FX 系列 PLC 高速计数器的数量、类型、使用方式及高速计数器应用指令在本书中不作介绍。

七、数据寄存器

数据寄存器是存储数值数据的软组件，用 D 表示。数据寄存器可以存储 16 位二进制数或称一个字。要想存储 32 位二进制数据（双字），必须同时用两个序号连续的数据寄存器进行数据存储。例如，用 D0 和 D1 存储双字，D0 存放低 16 位，D1 存放高 16 位。字或双字的最高位为符号位，0 表示为正数，1 表示为负数。

数据寄存器数值的读出与写入一般采用应用指令完成，并可以利用显示模块（如 FX1N-5DM 模块）及编程器直接读出与写入。数据寄存器表示形式如图 2-20 所示。

数据寄存器主要分为通用数据寄存器、失电保持数据寄存器、特殊数据寄存器、文件寄存器、变址寄存器、外部调整寄存器。

表 2-9 为三菱 FX 系列 PLC 各类数据寄存器的点数及地址编号范围。

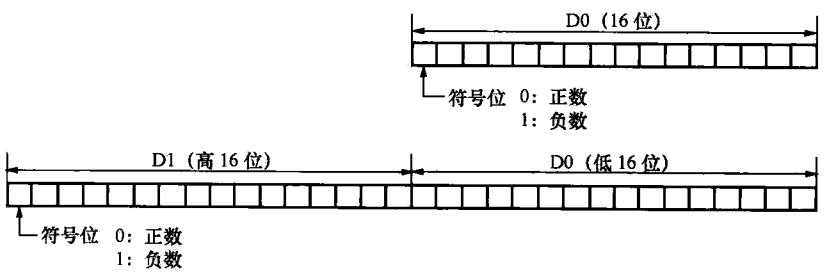


图 2-20　16/32 位数据寄存器表示方法

表 2-9　　三菱 FX 系列 PLC 各类数据寄存器的点数及地址编号范围

PLC 型号	FX1S	FX1N	FX2N/FX2NC
通用数据寄存器	128 点（D0～D127）	128 点（D0～D127）	200 点（D0～D199）
失电保持数据寄存器	128 点（D128～D255）	7872 点（D128～D7999）	7800 点（D200～D7999）
特殊数据寄存器	256 点（D8000～D8255）	256 点（D8000～D8255）	256 点（D8000～D8255）
文件寄存器	1500 点（D1000～D2499）	7000 点（D1000～D7999）	7000 点（D1000～D7999）
变址寄存器	V0～V7、Z0～Z7	V0～V7、Z0～Z7	V0～V7、Z0～Z7
外部调整寄存器	2 点（D8030、D8031）	2 点（D8030、D8031）	—

1. 通用数据寄存器

将数据写入通用数据寄存器后，其值将保持不变，直到下一次被改写。PLC 由运行（RUN）状态进入到停止（STOP）状态时，所有的通用数据寄存器的值都变为 0。但是当特殊辅助继电器 M8033 置 1，PLC 由运行（RUN）状态进入到停止（STOP）状态时，通用数据寄存器的值将保持不变。

2. 失电保持数据寄存器

失电保持数据寄存器在 PLC 由运行（RUN）状态进入到停止（STOP）状态时，其值保持不变。利用参数设定，可以改变失电保持数据寄存器的范围。将失电保持数据寄存器作为一般用途时，要在程序的起始步采用 RST 或 ZRST 指令清除其内容。

3. 特殊数据寄存器

特殊数据寄存器是指写入特定目的的数据，或事先写入特定的内容。用来控制和监视 PLC 内部的各种工作方式和元件。如：备用锂电池的电压、扫描时间、正在动作的状态的编号等。其内容在 PLC 电源接通时被置于初始值（先全部清 0，然后由系统 ROM 安排写入初始值）。如，D8000 所存的警戒监视时钟的时间由系统 ROM 设定。若有改变时，用传送指令将目的时间送入 D8000。该值在 PLC 由 RUN 状态到 STOP 状态保持不变。对于未定义的特殊数据寄存器，用户不能用。

4. 文件寄存器

文件寄存器实际是一类专用数据寄存器，用于存储大量的数据，例如采集数据、统计计算数据、多组控制参数等。文件寄存器以 500 点为单位，可被外部设备存取。文件寄存器与锁存寄存器重叠，数据不会丢失。FX 系列 PLC 的文件寄存器可以通过块传送指令来改写其内容。

5. 变址寄存器

变址寄存器 V、Z 和通用数据寄存器一样，是进行数值数据读、写的 16 位数据寄存器。主要用于运算操作数地址的修改。这种变址寄存器除了和普通的数据寄存器有相同的使用方法外，在应用指令的操作数中，还可以同其他的软元件编号或数值组合使用。在进行 32 位数据运算时，要用指定的 Z0～Z7 和 V0～V7 组合修改运算操作数地址，指定 Z 为低位，即（V0，Z0），（V1，Z1），…，（V7，Z7）。

6. 外部调整寄存器

FX1S、FX1N 系列 PLC 的外部调整寄存器为 D8030 和 D8031。在 FX1S 和 FX1N 系列 PLC 的外部有两个小电位器，这两个电位器常用来修改定时器的时间设定值，通过调整小电位器可以改变 D8030 和 D8031 的值（0～255），依此来修改定时器的时间设定值。

八、指针（P/I）

指针是跳转、中断等程序的入口地址，与跳转、中断程序、子程序等指令一起使用。指针（P/I）包括分支和子程序用的指针（P）和中断用的指针（I），其中中断用的指针（I）又分为输入中断用、定时器中断用和计数器中断用 3 种。其地址号采用十进制数分配，表 2-10 为 FX 系列 PLC 的指针种类及地址分配表。指针的用法将在功能指令应用中详细介绍。

表 2-10　　FX 系列 PLC 的指针种类及地址分配表

PLC 机型	分支用指针	中断用指针		
		输入中断用	定时器中断用	计数器中断用
FX1S 系列	P0～P63 64 点	I00□（X0） I10□（X1） I20□（X2） I30□（X3） 6 点 I40□（X4） I50□（X5）	—	—

续表

PLC 机型	分支用指针	中断用指针		
		输入中断用	定时器中断用	计数器中断用
FX1N 系列	P0～P127 128 点	I00□（X0） I10□（X1） I20□（X2） I30□（X3） 6 点 I40□（X4） I50□（X5）	—	—
FX2N、FX2NC 系列	P0～P127 128 点	I00□（X0） I10□（X1） I20□（X2） I30□（X3） 6 点 I40□（X4） I50□（X5）	I6□□ I7□□ 3 点 I8□□	I010 I020 I030 I040 6 点 I050 I060

九、常数（K/H）

常数也作为器件对待，它在 PLC 的存储器中占用一定的空间。十进制常数用 K 表示，16 位常数的范围为-32 768～+32 767，32 位常数的范围为-2 147 483 648～+2 147 483 647。十六进制常数用 H 表示，16 位常数的范围为 0～FFFF，32 位常数的范围为 0～FFFFFFFF。如 18 用十进制表示为 K18，用十六进制表示为 H12。

第四章
基 本 指 令

三菱 FX 系列 PLC 共有基本指令 27 条，基本指令一般由助记符和操作元件组成，助记符是每一条基本指令的符号，它表明操作功能；操作元件是被操作的对象。有些基本指令只有助记符，没有操作元件。

根据控制要求编制好的程序，按照指令格式逐条利用编程器存入 PLC 的存储器中，必然要占用存储器空间，不同的指令及不同的操作元件占用的空间不相同，有的要占用 1B，有的要占用 2B 或 3B 等。指令存储占用存储器的字节数称为程序步。

一、逻辑取和线圈驱动指令 LD、LDI、OUT

（1）LD 指令。称为“取指令”。

功能：动合触点逻辑运算开始。即动合触点与梯形图左母线连接。

操作元件：X、Y、M、S、T、C。

程序步：1。

图 2-21 为 LD 指令在梯形图中的表示。

（2）LDI 指令。称为“取反指令”。

功能：动断触点逻辑运算开始。

即动断触点与梯形图左母线连接。

操作元件：X、Y、M、S、T、C。

程序步：1。

图 2-22 为 LDI 指令在梯形图中的表示。

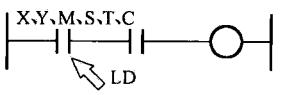


图 2-21　LD 指令在梯形图中的表示

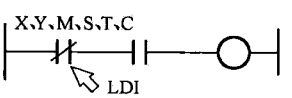


图 2-22　LDI 指令在梯形图中的表示

另外，LD、LDI 指令与后面介绍的 ANB 指令组合，在分支起点处也可使用。

（3）OUT 指令。称为“输出指令”或“线圈驱动指令”。

功能：输出逻辑运算结果，也就是根据逻辑运算结果去驱动一个指定的线圈。

操作元件：Y、M、S、T、C。

程序步：1。

图 2-23 为 OUT 指令在梯形图中的表示。

OUT 指令使用说明：

1）OUT 指令不能用于驱动输入继电器，因为输入继电器的状态由输入信号决定。

2）OUT 指令可以连续使用，相当于线圈的并联，且不受使用次数的限制，如图 2-24 所示。

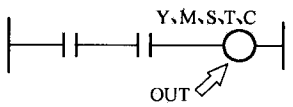


图 2-23　OUT 指令在梯形图中的表示

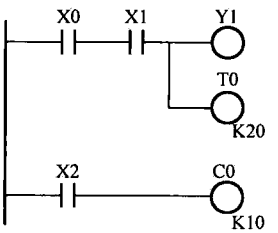


图 2-24　OUT 指令并行输出及设定值在梯形图中的表示

3）定时器（T）及计数器（C）使用 OUT 指令后，必须有常数设定值语句。此外，也可指定数据寄存器的地址号，以此地址号数据寄存器内的内容作为设定值。如图 2-24 中 OUT T0 后要有时间设定值 K20，OUT C0 后要有计数器设定值 K10 等。

常数 *K* 的设定范围、实际的定时器常数、相对于 OUT 指令的程序步数（包含设定值），见表 2-11。

表 2-11　　**常 数 *K* 设 定 表**

定时器、计数器	*K* 的设定范围	实际的设定值	步数
1ms 定时器	1～32 767	0.001～32.767s	3
10 ms 定时器	1～32 767	0.01～327.67s	3
100 ms 定时器		0.1～3276.7s	
16 位计数器	1～32 767	同左	3
32 位计数器	−2 147 483 648～+2 147 483 647	同左	5

（4）举例说明 LD、LDI、OUT 指令的使用。

【例 2-1】 写出图 2-25 所示梯形图的指令语句表。

解　拿到梯形图后，要按从上到下、自左到右的原则将梯形图阅读清楚，充分了解各触点之间的逻辑关系，然后应用基本指令写出指令语句表。图 2-25 所示梯形图对应的指令语句表如下：

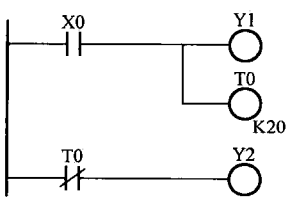


图 2-25　例 2-1 梯形图

步序	助记符	操作数
0	LD	X0
1	OUT	Y1
2	OUT	T0
	K	20
5	LDI	T0
6	OUT	Y2

二、触点串联指令 AND、ANI

（1）AND 指令：称为与指令。

功能：使继电器的动合触点与其他继电器的触点串联。

操作元件：X、Y、M、S、T、C。

程序步：1。

图 2-26 为 AND 指令在梯形图中的表示。

（2）ANI 指令：称为与非指令。

功能：使继电器的动断触点与其他继电器的触点串联。

操作元件：X、Y、M、S、T、C。

程序步：1。

图 2-27 为 ANI 指令在梯形图中的表示。

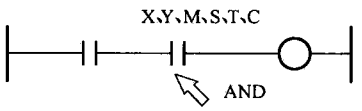


图 2-26　AND 指令在梯形图中的表示

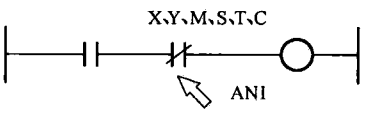


图 2-27　ANI 指令在梯形图中的表示

（3）举例说明 AND、ANI 指令的使用。

【例 2-2】 写出图 2-28 所示梯形图的指令语句表。

解　图 2-29 所示梯形图对应的指令语句表如下：

```
0  LD   X0
1  AND  X1
2  ANI  X2
3  OUT  Y0
```

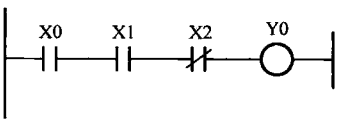
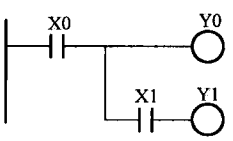


图 2-28　例 2-2 梯形图

（4）AND、ANI 指令使用说明。

1）用 AND、ANI 指令可进行 1 个触点的串联连接。串联触点的数量不受限制，该指令可以多次使用。

2）OUT 指令后，通过触点对其他线圈使用 OUT 指令，称为纵接输出。如图 2-29 所示，X1 的动合触点与 Y1 线圈串联后，又与 Y0 线圈并联，就是纵接输出。这时 X1 的动合触点仍可以用 AND 指令。这种纵接输出，如果顺序不错，可多次重复，如图 2-30 所示。



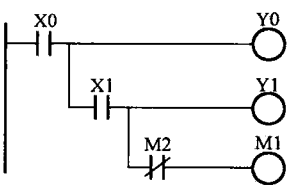
(a)

```
0  LD   X0
1  OUT  Y0
2  AND  X1
3  OUT  Y1
```

(b)

图 2-29　例 2-2 梯形图及对应的指令语句

（a）梯形图；（b）指令语句



(a)

```
0  LD   X0
1  OUT  Y0
2  AND  X1
3  OUT  Y1
4  ANI  M2
5  OUT  M1
```

(b)

图 2-30　例 2-2

（a）梯形图；（b）指令语句

三、触点并联指令 OR、ORI

（1）OR 指令：称为或指令。

功能：使继电器的动合触点与其他继电器的触点并联。

操作元件：X、Y、M、S、T、C。

程序步：1。

图 2-31 为 OR 指令在梯形图中的表示。

（2）ORI 指令：称为或非指令。

功能：使继电器的动断触点与其他继电器的触点并联。

操作元件：X、Y、M、S、T、C。

程序步：1。

图 2-32 为 ORI 指令在梯形图中的表示。

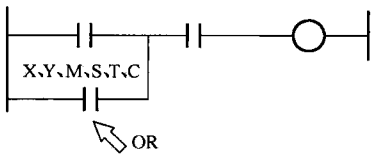


图 2-31　OR 指令在梯形图中的表示

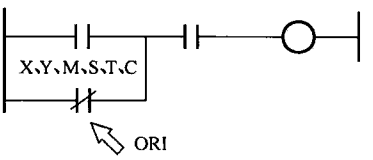


图 2-32　ORI 指令在梯形图中的表示

（3）举例说明 OR、ORI 指令的使用。

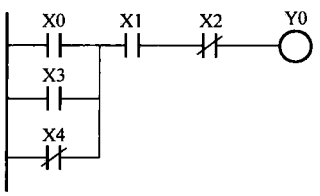


图 2-33　例 2-3 梯形图

【例 2-3】 写出图 2-33 所示梯形图的指令语句表。

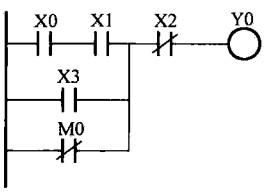
解　图 2-33 所示梯形图对应的指令语句表如下：

```
0  LD   X0
1  OR   X3
2  ORI  X4
3  AND  X1
4  ANI  X2
5  OUT  Y0
```

【例 2-4】 写出图 2-34 所示梯形图的指令语句表。

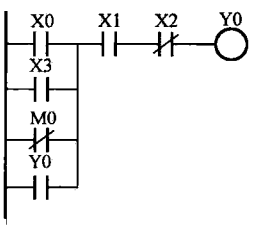
解　图 2-34 所示梯形图对应的指令语句表如下：

【例 2-5】 写出图 2-35 所示梯形图的指令语句表。




```
0  LD   X0
1  AND  X1
2  OR   X3
3  ORI  M0
4  ANI  X2
5  OUT  Y0
```

图 2-34　例 2-4 梯形图




```
0  LD   X0
1  OR   X3
2  ORI  M0
3  OR   Y0
4  AND  X1
5  ANI  X2
6  OUT  Y0
```

图 2-35　例 2-5 梯形图

解　图 2-35 所示梯形图对应的指令语句表如下：

1）OR、ORI 指令可以连续使用，并且不受使用次数的限制，如图 2-35 所示。

2）当继电器的动合触点或动断触点与其他继电器的触点组成的混联电路块并联时，也可以使用 OR 指令或 ORI 指令，如图 2-34 所示。

四、上升沿检测指令 LDP、ANDP、ORP

LDP、ANDP、ORP 指令是进行上升沿检测的触点指令，仅在指定位软元件上升沿时（由 OFF→ON 变化时）接通一个扫描周期。表示方法为触点的中间有一个向上的箭头。

1. LDP 指令

LDP 指令称为取上升沿脉冲指令。

功能：上升沿检测运算开始。

操作元件：X、Y、M、S、T、C。

程序步：1。

图 2-36 为 LDP 指令在梯形图中的表示。

2. ANDP 指令

LNDP 指令称为与上升沿脉冲指令。

功能：上升沿检测串联连接。

操作元件：X、Y、M、S、T、C。

程序步：1。

图 2-37 为 ANDP 指令在梯形图中的表示。

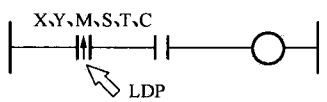


图 2-36　LDP 指令在梯形图中的表示

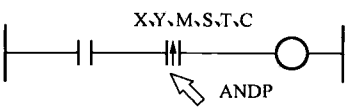


图 2-37　ANDP 指令在梯形图中的表示

3. ORP 指令

ORP 指令称为或上升沿脉冲指令。

功能：上升沿检测并联连接。

操作元件：X、Y、M、S、T、C。

程序步：1。

图 2-38 为 ORP 指令在梯形图中的表示。

4. 举例说明

LDP、ANDP、ORP 指令的使用。

【例 2-6】 写出图 2-39 所示梯形图的指令语句表。

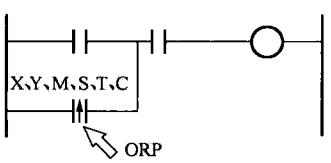


图 2-38　ORP 指令在梯形图中的表示

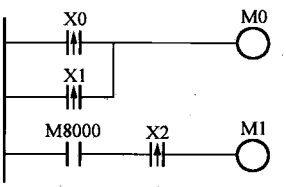


图 2-39　例 2-6 梯形图

解　图 2-39 所示梯形图对应的指令语句表如下：

```
0  LDP   X0
1  ORP   X1
```

```
2  OUT   M0
3  LD    M8000
4  ANDP  X2
5  OUT   M1
```



图 2-40　例 2-7 梯形图

在图 2-39 中，X0、X1、X2 由 OFF→ON 变化时，M0 或 M1 仅接通一个扫描周期。

【例 2-7】 写出图 2-40 所示梯形图指令语句表并画出时序图。

解　指令语句表如下，时序图如图 2-41 所示。

```
0  LDP  X0
1  OUT  M0
```

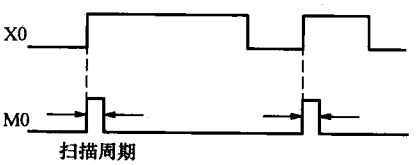


图 2-41　例 2-7 的时序图

此例中 X0 由 OFF→ON 变化时，M0 接通一个扫描周期。

五、下降沿检测指令 LDF、ANDF、ORF

LDF、ANDF、ORF 指令是进行下降沿检测的触点指令，仅在指定位软元件下降沿时（由 ON→OFF 变化时）接通一个扫描周期。表示方法为触点的中间有一个向下的箭头。

1. LDF 指令

LDF 指令称为取下降沿脉冲指令。

功能：下降沿检测运算开始；操作元件：X、Y、M、S、T、C。

程序步：1。

图 2-42 为 LDF 指令在梯形图中的表示。

2. ANDF 指令

ANDF 指令称为与下降沿脉冲指令。

功能：下降沿检测串联连接；操作元件：X、Y、M、S、T、C。

程序步：1。

图 2-43 为 ANDF 指令在梯形图中的表示。

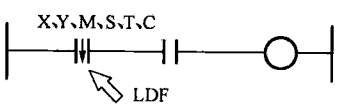


图 2-42　LDF 指令在梯形图中的表示

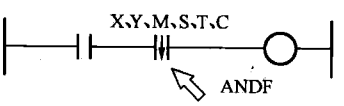


图 2-43　ANDF 指令在梯形图中的表示

3. ORF 指令

ORF 指令称为或下降沿脉冲指令。

功能：下降沿检测并联连接。

操作元件：X、Y、M、S、T、C。

程序步：1。

图 2-44 为 ORF 指令在梯形图中的表示。

4. 举例说明

举例说明 LDF、ANDF、ORF 指令的使用。

【例 2-8】 写出图 2-45 所示梯形图的指令语句表。

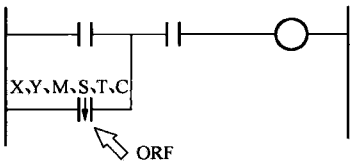


图 2-44　ORF 指令在梯形图中的表示

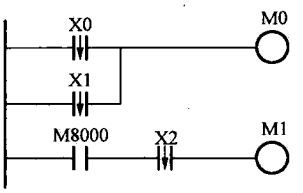


图 2-45　LDF、ANDF、ORF 指令梯形图

解　图 2-45 所示梯形图对应的指令语句表如下：

```
0  LDF  X0
1  ORF  X1
2  OUT  M0
3  LD   M8000
4  ANDF X2
5  OUT  M1
```

在图 2-45 中，X0、X1、X2 由 ON→OFF 变化时，仅有一个扫描周期 M0 或 M1 接通。

【例 2-9】 写出图 2-46 所示梯形图指令语句表并画出时序图。

解　指令语句表如下：

```
0  LDF  X0
1  OUT  M0
```

时序图如图 2-47 所示。

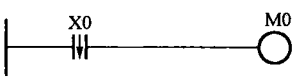


图 2-46　例 2-9 梯形图

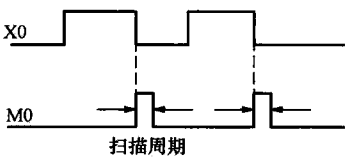


图 2-47　时序图

六、脉冲微分指令 PLS、PLF

PLS、PLF 指令为脉冲微分指令，主要用于检测脉冲的上升沿或下降沿，当条件满足时，产生一个扫描周期的脉冲信号输出。

1. PLS 指令

PLS 指令称为上升沿脉冲微分指令。

功能：在脉冲信号的上升沿时，其操作元件的线圈得电一个扫描周期，产生一个扫描周期的脉冲输出。

操作元件：Y、M（特殊辅助继电器除外）。

程序步：2。

图 2-48 为 PLS 指令在梯形图中的表示。

2. PLF 指令

PLF 称为下降沿脉冲微分指令。

功能：在脉冲信号的下降沿时，其操作元件的线圈得电一个扫描周期，产生一个扫描周

期的脉冲输出。

操作元件：Y、M（特殊辅助继电器除外）。

程序步：2。

图 2-49 为 PLF 指令在梯形图中的表示。

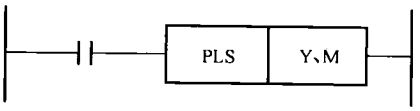


图 2-48　PLS 指令在梯形图中的表示

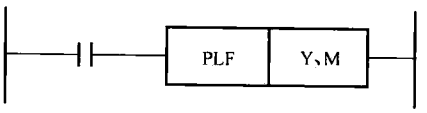


图 2-49　PLF 指令在梯形图中的表示

3. PLS、PLF 指令应用

PLS、PLF 指令应用如图 2-50 所示。

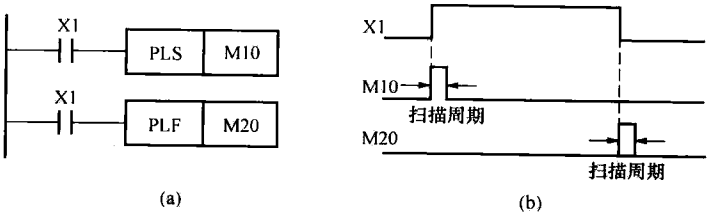


图 2-50　PLS、PLF 指令应用

（a）梯形图；（b）时序图

指令表如下：

```
0  LD   X1
1  PLS  M10
3  LD   X1
4  PLF  M20
```

七、电路块串/并联指令 ANB、ORB

1. ANB 指令

ANB 称为电路块与指令。

功能：电路块与电路块串联；操作元件：无。

程序步：1。

图 2-51 为 ANB 指令在梯形图中的表示。

2. ORB 指令

ORB 指令称为电路块或指令。

功能：电路块与电路块并联：操作元件：无。

程序步：1。

图 2-52 为 ORB 指令在梯形图中的表示。

电路块：电路块就是由几个触点按一定方式连接成的梯形图。由两个以上触点串联而成的电路块就是串联电路块；由两个以上触点并联而成的电路块就是并联电路块。触点的混联就形成了混联电路块。图 2-53 为各种电路块的梯形图表示。

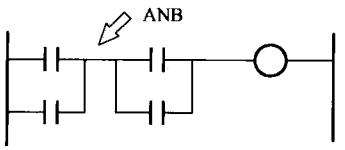


图 2-51　ANB 指令在梯形图中的表示

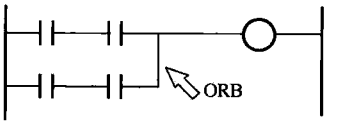


图 2-52　ORB 指令在梯形图中的表示

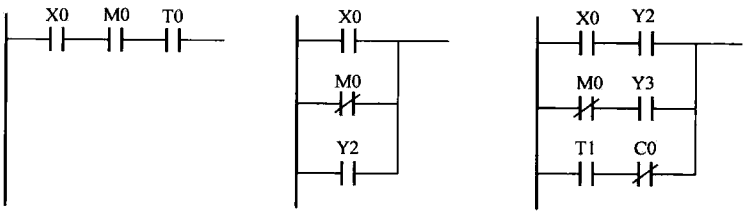


图 2-53　电路块的梯形图表示

（a）串联电路块；（b）并联电路块；（c）混联电路块

3. 举例说明

举例说明 ANB、ORB 指令的使用。

【例 2-10】 写出图 2-54 所示梯形图指令语句表。

解　图 2-54 所示梯形图指令语句表如下：

```
0  LD   X0   ┐
1  ORI  M0   ┘ 电路块 A
2  OR   Y2
3  LD   X1   ┐
4  AND  T0   ├ 电路块 B
5  OR   M1   ┘
6  ORI  C2
7  ANB  ← 电路块 A 与 B 串联成较大的电路块 C
8  OUT  Y0
```

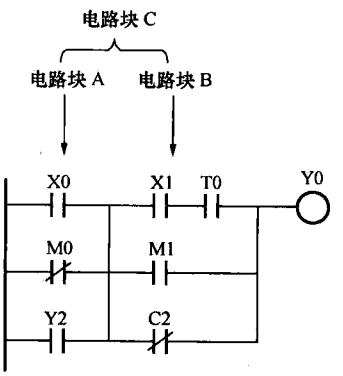


图 2-54　例 2-10 梯形图

【例 2-11】 写出图 2-55 所示梯形图指令语句表。

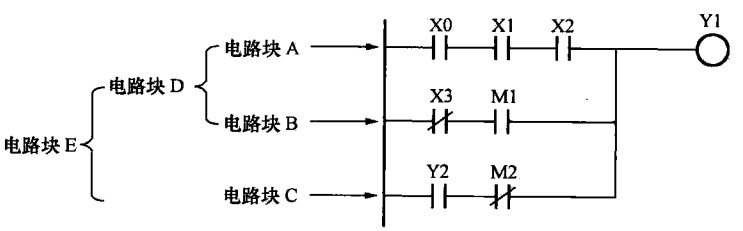


图 2-55　例 2-11 梯形图

解　图 2-55 所示梯形图指令语句表如下：

```
0  LD   X0   ┐
1  AND  X1   ┘ 电路块 A
2  AND  X2
```

```
3  LDI  X3 ┐
4  AND  M1 ┘ 电路块 B
5  ORB     ← 电路块 A 与 B 并联成较大的电路块 D
6  LD   Y2 ┐
7  ANI  M2 ┘ 电路块 C
8  ORB     ← 电路块 C 与 D 并联成较大的电路块 E
9  OUT  Y1
```

4. ANB、ORB 指令使用说明

（1）上两例中均采用写完两个电路块相应指令后便用 ANB 或 ORB 指令，这种编程方法，其 ANB 和 ORB 指令的使用次数不受限制，并且程序容易理解。

（2）使用 ANB 和 ORB 指令编程时，也可采用 ANB 和 ORB 连续使用的方法。即先按顺序将所有电路块的指令写完，然后连续写 ANB 或 ORB 指令。如果有 n 个电路块，其次数应为 n-1 次。采用这种方法编程，ANB 或 ORB 指令的使用次数不能超过 8 次。

如例 2-11 的指令语句表也可写成：

```
0  LD   X0
1  AND  X1
2  AND  X2
3  LDI  X3
4  AND  M1
5  LD   Y2
6  ANI  M2
7  ORB
8  ORB
9  OUT  Y1
```

这个程序中有 3 个电路块并联，所以用了两个 ORB 指令。

（3）应注意 ANB 和 AND、ORB 和 OR 之间的区别，在程序设计时要利用设计技巧，能不用 ANB 或 ORB 指令时，尽量不用，这样可以减少指令的使用条数。

八、栈指令 MPS、MRD、MPP

在 PLC 中有 11 个存储器，它们用来存储运算的中间结果，这些存储器称为栈寄存器。MPS、MRD、MPP 指令分别为进栈、读栈和出栈指令。

1. MPS 指令

MPS 称为进栈指令。

功能：使用一次 MPS 指令将此时刻的运算结果送入栈存储器的第一单元，再使用 MPS 指令，将此时刻的运算结果送入栈存储器的第一单元，而原栈存储器的数据依次下移一单元；操作元件：无。

程序步：1。

2. MRD 指令

MRD 称为读栈指令。

功能：读出第一单元所存的最新数据，栈存储器内的数据不发生移动；操作元件：无。

程序步：1。

3. MPP 指令

MPP 称为出栈指令。

功能：将栈存储器第一单元的数据读出，同时该数据消失，栈存储器内的数据依次上移一单元；操作元件：无。

程序步：1。

图 2-56（a）为 MPS、MRD、MPP 指令在梯形图中的表示。

图 2-56（b）为执行 MPS、MRD、MPP 指令时，栈存储器内的数据移动方向。

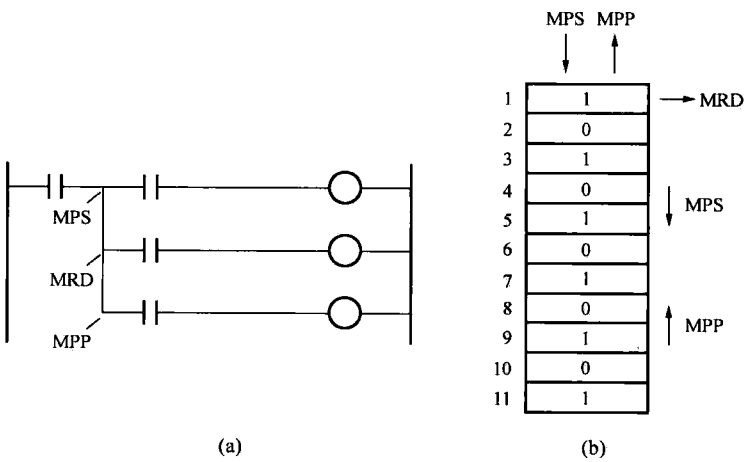


图 2-56　MPS、MRD、MPP 指令在梯形图中的表示与栈存储器

（a）MPS、MRD、MPP 指令在梯形图中的表示；（b）栈存储器

4. MPS、MRD、MPP 指令使用说明

（1）MPS 和 MPP 指令必须成对使用。

（2）MPS 指令的使用次数不能超过 11 次。

（3）MPS、MRD、MPP 指令后如果有其他触点串联，要用 AND 或 ANI 指令；若有电路块串联，要用 ANB 指令；若直接与线圈相连，应该用 OUT 指令。

5. MPS、MRD、MPP 指令使用举例

【例 2-12】 写出图 2-57 所示梯形图的指令语句表。

解 图 2-57 所示梯形图的指令语句表如下：

```
0  LD   X0
1  MPS
2  AND  X1
3  OUT  Y0
4  MRD
5  AND  X2
6  OUT  Y1
7  MRD
8  AND  X3
9  OUT  Y2
10 MPP
11 AND  X4
12 OUT  Y3
```

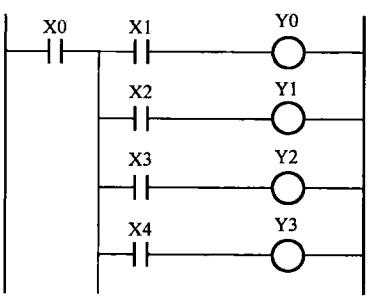


图 2-57　例 2-12 梯形图

本例为一层堆栈编程实例。

【例 2-13】 写出图 2-58 所示梯形图的指令语句表。

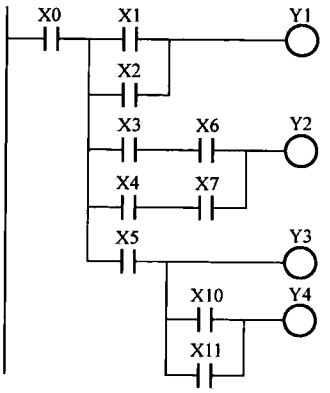


图 2-58 例 2-13 梯形图

解 图 2-58 所示梯形图的指令语句表如下：

```
0  LD   X0
1   MPS
2   LD   X1
3   OR   X2
4   ANB
5   OUT  Y1
6   MRD
7   LD   X3
8   AND  X6
9   LD   X4
10  AND  X7
11  ORB
12  ANB
13  OUT  Y2
14  MPP
15  AND  X5
16  OUT  Y3
17  LD   X10
18  OR   X11
19  ANB
20  OUT  Y4
```

本例使用了一层堆栈，并用了 ANB、ORB 指令。

【例 2-14】 写出图 2-59 所示梯形图的指令语句表。

解 图 2-59 所示梯形图的指令语句表如下：

```
0   LD   X0
1   MPS
2   AND  X1
3   MPS
4   AND  X3
5   OUT  Y1
6   MPP
7   AND  M1
8   OUT  Y2
9   MPP
10  AND  M2
11  MPS
12  AND  M3
13  OUT  Y3
14  MPP
15  AND  M4
16  OUT  Y4
```

本例为二层堆栈编程实例。

【例 2-15】 写出图 2-60 所示梯形图的指令语句表。

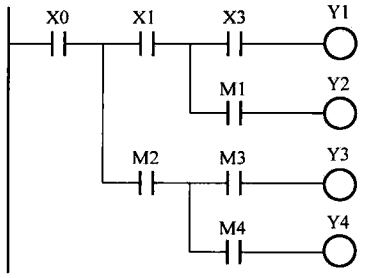


图 2-59　例 2-14 梯形图

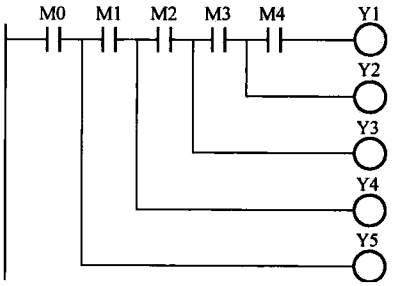


图 2-60　例 2-15 梯形图

解　图 2-60 所示梯形图的指令语句表如下：

```
0   LD   M0
1   MPS
2   AND  M1
3   MPS
4   AND  M2
5   MPS
6   AND  M3
7   MPS
8   AND  M4
9   OUT  Y1
10  MPP
11  OUT  Y2
12  MPP
13  OUT  Y3
14  MPP
15  OUT  Y4
16  MPP
17  OUT  Y5
```

本例为四层堆栈实例。

九、主控与主控复位指令 MC、MCR

1. MC 指令

MC 指令称为主控指令。

功能：公共串联触点的连接，用于表示主控电路块的开始。MC 指令只能用于输出继电器 Y 和辅助继电器 M（不包括特殊辅助继电器）。通过 MC 指令的操作元件 Y 或 M 的动合触点将左母线临时移到一个所需的位置，产生一个临时左母线，形成一个主控电路块；操作元件：N、Y 或 M（特殊辅助继电器除外）；程序步：3；N 为主控指令使用次数（N0～N7），也称主控嵌套，一定要按从小到大的顺序使用。

图 2-61 为 MC 指令在梯形图中的表示。

2. MCR 指令

MCR 指令称为主控复位指令。

功能：用于表示主控电路块的结束，即取消临时左母线，将临时左母线返回到原来的位置，结束主控电路块；操作元件：N；程序步：2。

MCR 指令的操作元件即主控指令使用次数 N 一定要与 MC 指令中使用的嵌套层数相一致。如果是多层嵌套，主控返回时，一定要按 N 从大到小的顺序返回。如果没有嵌套，通常用 N0 来编程，N0 没有使用次数限制。

图 2-62 为 MCR 指令在梯形图中的表示。

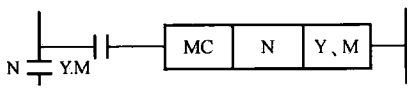


图 2-61　MC 指令在梯形图中的表示

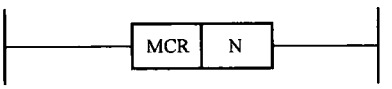


图 2-62　MCR 指令在梯形图中的表示

图 2-63（a）所示为多路输出梯形图转换成采用主控指令编程的梯形图，如图 2-63（b）所示。

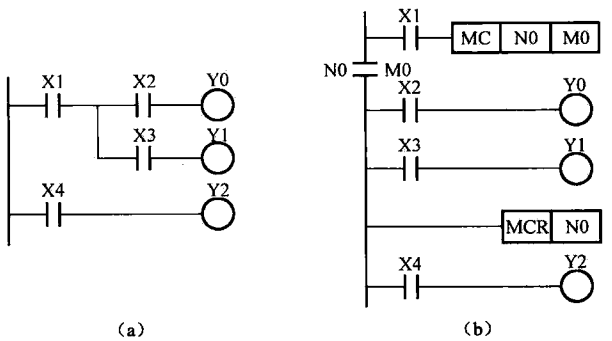


图 2-63　多路输出梯形图转换成采用主控指令编程的梯形图

（a）多路输出梯形图；（b）采用主控指令编程的梯形图

图 2-63（b）所示梯形图中，X1 接通，N0 层嵌套的主控指令执行，M0 线圈被驱动，触点动作，M0 就是主控触点。这时，如果 X2 接通，Y0 线圈被驱动；如果 X3 接通，Y1 线圈被驱动。即 X1 接通后，执行 MC 与 MCR 之间的所有程序，执行完后，执行后续程序。如果 X1 没有接通，不执行 MC 与 MCR 之间的所有程序，直接执行后续程序。

图 2-63（b）所示梯形图对应的指令语句表如下：

```
0   LD   X1
1   MC   N0
         M0
4   LD   X2
5   OUT  Y0
6   LD   X3
7   OUT  Y1
8   MCR  N0
10  LD   X4
11  OUT  Y2
```

十、置位与复位指令 SET、RST

在 PLC 控制系统中，许多情况下需要自锁，利用 SET 和 RST 指令便可以方便地进行自锁和解锁控制。

1. SET 指令

SET 指令称为置位指令。

功能：驱动线圈，使其保持接通状态；操作元件：Y、M、S；程序步：Y、M 为 1 步，S、特殊辅助继电器 M 为 2 步。

图 2-64 为 SET 指令在梯形图中的表示。

2. RST 指令

RST 指令称为复位指令。

功能：清除线圈保持接通状态，使其复位；操作元件：Y、M、S、T、C、D、V、Z；程序步：Y、M 为 1 步，S、特殊辅助继电器 M、T、C 为 2 步，D、V、Z、特殊数据寄存器 D 为 3 步。

图 2-65 为 RST 指令在梯形图中的表示。



图 2-64　SET 指令在梯形图中的表示

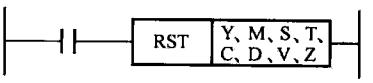


图 2-65　RST 指令在梯形图中的表示

3. SET、RST 指令使用说明

对同一元件，SET、RST 指令可以多次使用，顺序也可以随意，但最后执行的指令为有效；可以使用 RST 指令对数据寄存器 D、变址寄存器 V、Z 的内容进行清零；可以使用 RST 指令对积算定时器 T246～T255 的当前值及触点进行复位。

本章介绍过编程元件计数器，计数器的当前值达到设定值后输出触点动作，即使被计数信号次数增加，其输出触点依然动作，要想使当前值和输出触点复位，就要使用 RST 指令完成。

4. SET、RST 指令的应用

图 2-66（a）所示梯形图的指令语句表如下：

```
0  LD   X1
1  SET  Y1
2  LD   X2
3  RST  Y1
```

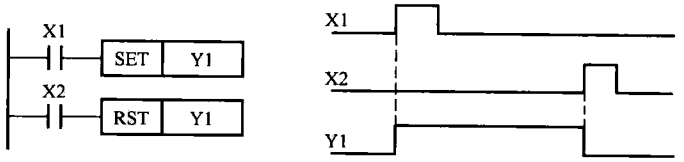


图 2-66　SET、RST 指令梯形图和时序图

（a）梯形图；（b）时序图

十一、取反、空操作与结束指令 INV、NOP、END

1. INV 指令

INV 指令称为取反指令。

功能：该指令执行之前的运算结果取反；操作元件：无；程序步：1。

图 2-67 为 INV 指令在梯形图中的表示。

图 2-68 所示梯形图指令语句表如下：

```
0  LD    X1
1  AND   X2
2  INV
3  OUT   Y0
```

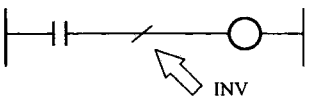


图 2-67　INV 指令在梯形图中的表示

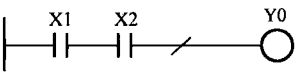


图 2-68　INV 指令应用

图 2-68 中，X1 和 X2 同时 ON，Y0 为 OFF，X1 和 X2 只要有一个为 OFF，Y0 就为 ON。

2. NOP 指令

NOP 指令称为空操作指令。

功能：在程序清除后，指令成为空操作，在程序调试过程中，可以取代一些不必要的指令。另外，使用 NOP 指令可以延长扫描周期。NOP 指令在程序中不予表示；操作元件：无；程序步：1。

3. END 指令

END 指令称为结束指令。

功能：执行到 END 指令后，END 指令后面的指令不予执行，直接返回到 0 步；操作元件：无；程序步：1。

图 2-69 为 END 指令在梯形图中的表示。

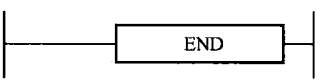


图 2-69　END 指令在梯形图中的表示

在调试程序时，可以插入 END 指令使程序分段，提高程序调试速度。

第五章
基本指令的应用

在理解了 PLC 的工作原理，熟悉了 PLC 的结构组成及指令系统之后，就要编写程序了。通过实例编程巩固所学过的基础知识，检验掌握的程度，强化工程意识，进一步提高编程水平和应用能力。本章主要要学会如何根据控制电路列写 PLC 控制系统输入输出（I/O）分配表；根据列写的 PLC 控制系统输入输出（I/O）分配表画出 PLC 输入输出接线图；根据电气控制原理图画出 PLC 的梯形图；根据所学 PLC 梯形图相关技巧改写 PLC 梯形图，使其更合理；最后，根据 PLC 梯形图列写指令语句表。

本章以三菱 FX2N 系列 PLC 为样机，所编写的程序仅供参考，主要是要大家通过学习，明确自动控制系统的要求，了解指令的使用方法，最终实现控制目的。

第一节　三相交流异步电动机正/反转 PLC 控制

一、控制要求分析

在实际生产中，许多情况下都要求三相交流异步电动机既能正转又能反转，其方法是对调任意两根电源相线以改变三相电源的相序，从而改变电动机的转向。继电器控制的三相交流异步电动机正/反转控制电路电气原理如图 2-70 所示。按下正转启动按钮 SB1，交流接触器 KM1 得电，电动机正向启动；按下 SB2，其动断触点断开，使得交流接触器 KM1 失电，而交流接触器 KM2 得电，电动机换相反转。

二、输入/输出分析

按照控制要求，PLC 输入信号有正转按钮 SB1、反转按钮 SB2 和停按钮 SB0，热继电器动合触点 KR1。PLC 输出信号有交流接触器 KM1、KM2。表 2-12 为三相异步电动机可逆运行的 PLC 控制现场信号与 PLC I/O 点编号对照表。

表 2-12　　电动机正/反转 PLC 控制系统输入/输出点分配

输　入			输　出		
元件代号	元件功能	输入继电器	元件代号	元件功能	输出继电器
SB1	正转启动	X1	KM1	正转控制	Y0

续表

输　入			输　出		
元件代号	元件功能	输入继电器	元件代号	元件功能	输出继电器
SB2	反转启动	X2	KM2	反转控制	Y1
SB0	停止按钮	X0			
KH1	过载保护	X3			

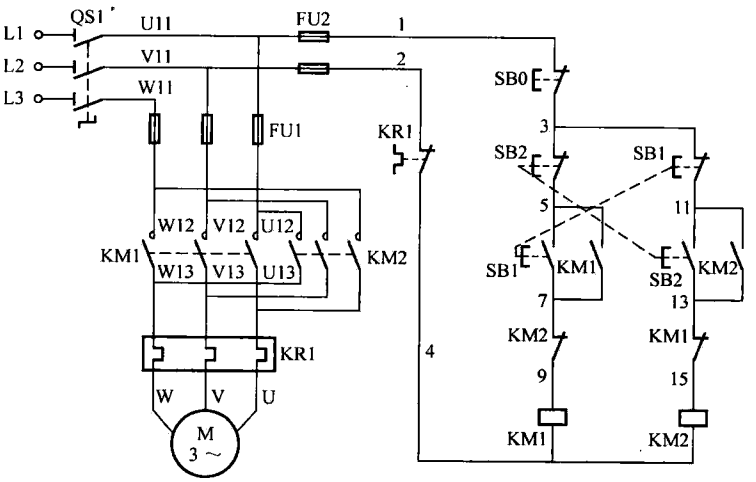


图 2-70　三相交流异步电动机正/反转控制电路电气原理

用三菱 FX2N 型 PLC 实现三相交流异步电动机正/反转控制的输入/输出接线如图 2-71 所示。

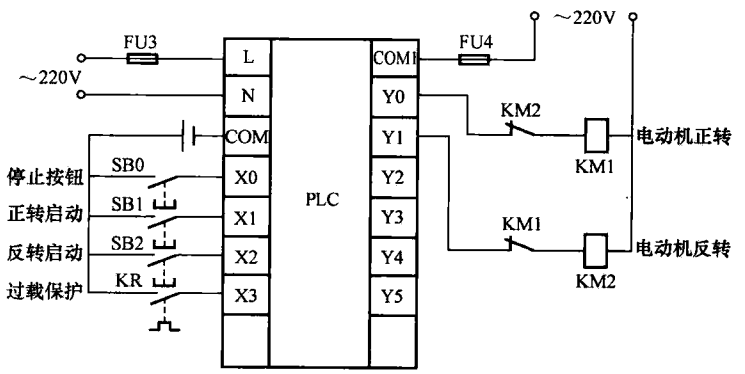


图 2-71　三相交流异步电动机正/反转控制的输入/输出接线

三、程序运行

根据控制要求编写 PLC 程序。由图 2-71 和表 2-12 可以看出，输入元件分别和输入继电器 X0～X3 相对应。而控制三相交流异步电动机正/反转的接触器 KM1、KM2 分别由输出继电器 Y0 和 Y1 控制。输出继电器 Y0 得电，接触器 KM1 得电；输出继电器 Y1 得电，则接触器 KM2 得电。现将图 2-71 所示的继电器控制电路改成 PLC 梯形图程序，如图 2-72 所示。

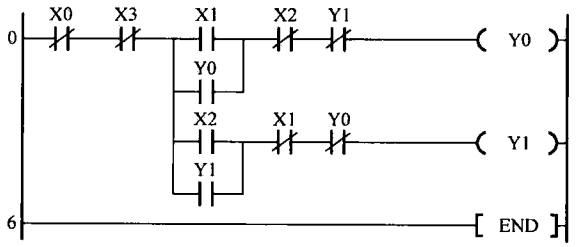


图 2-72　电动机正/反转 PLC 梯形图程序（由电气控制线路改成）

图 2-72 中将热继电器 KR 动合触点对应的输入点 X3 动断触点移至前面，因为 PLC 程序规定输出继电器线圈必须和右母线直接相连，中间不能有任何其他元件。

根据图 2-72 所示的梯形图程序可写出指令语句如下：

```
0   LDI   X0
1   ANI   X3
2   MPS
3   LD    X1
4   OR    Y0
5   ANB
6   ANI    X2
7   ANI    Y1
8   OUT   Y0
9    MPP
10   LD     X2
11   OR     Y1
12   ANB
13   ANI    X1
14   ANI    Y0
15   OUT   Y1
16   END
```

在编写梯形图时，并联多的支路应尽量靠近左母线，以减少程序步数。为此可将三相交流异步电动机正/反转控制梯形图程序改成如图 2-73 所示的梯形图。

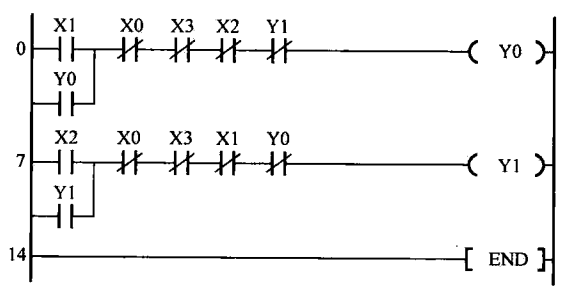


图 2-73　电动机正/反转 PLC 梯形图程序（根据 PLC 要求整改后）

图 2-73 所示梯形图对应的指令语句如下：

```
0    LD   X1
1    OR   Y0
2    ANI   X0
3    ANI   X3
4    ANI   X2
5    ANI   Y1
6    OUT   Y0
7    LD   X2
8    OR   Y1
9    ANI   X0
10   ANI   X3
11   ANI   X1
12   ANI   Y0
13   OUT   Y1
14   END
```

修改后的程序省去了栈存储器指令 MPS、MPP，减少了程序步数。

第二节　三相异步电动机减压启动、可逆运行、反接制动的 PLC 控制

设计一台三相异步电动机 PLC 控制方案，要求具有减压启动、可逆运行、反接制动功能，其主回路如图 2-74 所示。

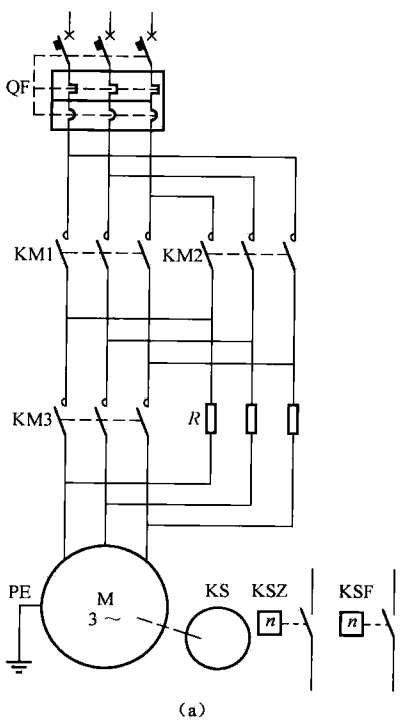


图 2-74　三相异步电动机控制主回路图

一、控制要求分析

以正向为例，分析控制要求。

（1）按下正向启动按钮 SB1，控制 KM1 接通，电动机串电阻正向启动。

（2）延时 5s，接通 KM3，电动机全电压运行。

（3）按下停止按钮 SB3，控制 KM1、KM3 断开，在速度继电器 KSZ 自动接通的情况下，KM2 接通，反接制动开始，当转速下降到小于某一值时，KSZ 自动断开，控制 KM2 断开，反接制动结束。

（4）按下反向启动按钮 SB2，控制 KM2 接通，电动机串电阻反向启动。后面的操作与正向类似，相应动作的速度继电器触点为 KSF，实现可逆运行和反接制动。

二、输入/输出分析

按照控制要求，PLC 输入信号有按钮 SB1～SB3，速度继电器触点 KSZ、KSF。PLC 输出信号有交流接触器 KM1～KM3。表 2-13 为三相异步电动机减压启动、可逆运行、反接制动的 PLC 控制现场信号与 PLC I/O 点编号对照。

表 2-13　　三相异步电动机减压启动、可逆运行、反接制动的 PLC 控制现场信号与 PLC I/O 点编号对照

输入信号			输出信号		
名　称	代号	输入点编号	名　称	代号	输入点编号
正向启动按钮	SB1	X0	交流接触器	KM1	Y0
反向启动按钮	SB2	X1	交流接触器	KM2	Y1
停止按钮	SB3	X2	交流接触器	KM3	Y2
速度继电器触点	KSZ	X3			
速度继电器触点	KSF	X4			

三、梯形图

图 2-74（b）为满足控制要求的一种梯形图，相应的语句表读者可作为练习自行写出。

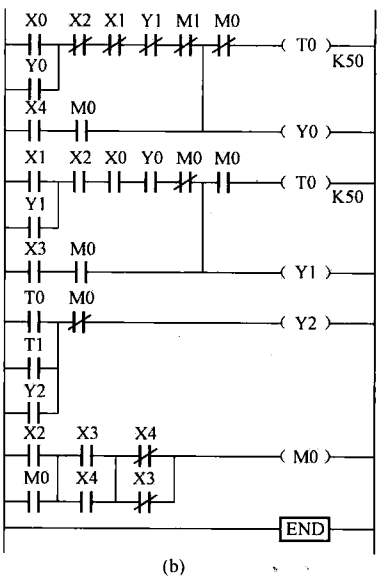


图 2-74　梯形图

四、程序运行

程序运行过程如下。

（1）按下正向启动按钮 SB1，X0 接通，使得 Y 接通并自锁，KM1 得电，电动机串接电阻减压正向启动，同时时间继电器 KT0 开始计时。

（2）KT0 计时 5s 时间到，KT0 动合触点闭合，Y2 接通并自锁，KM3 得电，电动机全电压运行。同时，当速度达到一定值时，速度继电器 KSZ 动合触点闭合，X3 接通，为反接制动作准备。

（3）按下制动按钮 SB3，X2 接通，M0 接通并自锁，M0 动断触点断开，Y0、Y2 断开，控制 KM1、KM3 失电。M0 动合触点闭合，在速度继电器 KSZ 闭合，即 X3 接通配合下，Y1 接通，使 KM2 得电，反接制动开始，当转速下降到小于某值时，KSZ 动合触点断开，X3 断开，控制 KM2 失电，反接制动结束。

（4）按下反向启动按钮 SB2，X1 接通，使得 KM2 得电，电动机串接电阻减压正向启动，同时时间继电器 KT1 开始计时。后面的操作与正向类似，相应动作的速度继电器触点为 KSF，实现可逆运行和反接制动。

第三节　两台或多台电动机顺序启动

一、控制要求分析

在实际工作中，常常需要两台或多台电动机顺序启动。两台交流异步电动机 M1 和 M2，按下启动按钮 SB1 后，第一台电动机 M1 启动，5s 后第二台电动机 M2 启动。完成相关工作

后按下 SB2，两台电动机同时停止。继电器控制的三相交流异步电动机顺序控制电路电气原理图 2-75 所示。

由继电器控制的三相交流异步电动机顺序控制电路电气原理图可知，SB1 和 SB2 分别是电动机 M1 的启动和停止按钮，SB2 同时也是电动机 M2 的停止按钮，但 M2 的启动是由时间继电器 KT 控制的。为了将这个控制关系用 PLC 来实现，需要 4 个输入点、2 个输出点和 1 个定时器。

二、输入/输出分析

按照控制要求，PLC 输入信号有按钮 SB1、SB2，热继电器触点 KR1、KR2。PLC 输出信号有交流接触器 KM1、KM2 和时间继电器。表 2-14 为三相交流异步电动机顺序控制电路的 PLC 控制现场信号与 PLC I/O 点编号对照表。

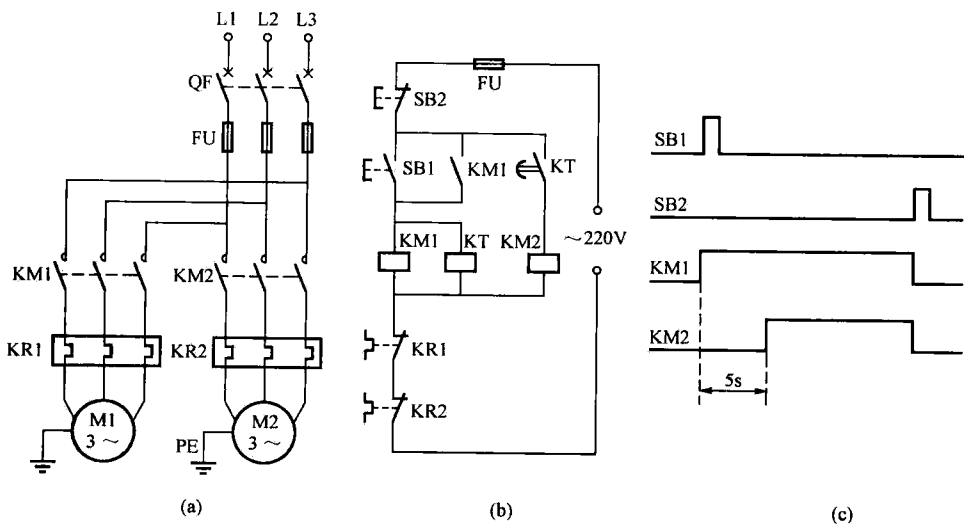


图 2-75　继电器控制的三相交流异步电动机顺序控制电路电气原理

（a）主电路；（b）控制电路；（c）时序图

表 2-14　　三相交流异步电动机顺序控制电路的 PLC 控制现场信号与 PLC I/O 点编号

输　入			内部与输出		
输入继电器	输入元件	作　用	内部与输出	元　件	作　用
X0	SB1	M1 启动按钮	Y1	KM1	M1 用交流接触器
X1	SB2	停止按钮	Y2	KM2	M2 用交流接触器
X2	KR1	M1 过载保护	T0	KT	5s 延时
X3	KR2	M2 过载保护			

（1）输入/输出（I/O）接线图。用三菱 FX2N-48MR 型 PLC 实现三相交流异步电动机顺序控制的输入/输出接线，如图 2-76 所示。

（2）根据继电器控制的三相交流异步电动机顺序控制电路电气原理图生成 PLC 梯形图程

序，如图 2-77 所示。

三、程序运行

根据控制要求，编写 PLC 程序。PLC 控制系统中的所有输入触点类型全部采用动合触点，由此设计的梯形图如图 2-77 所示。按下 SB1，X0 接通，驱动 Y1 动作，使 Y1 外接的 KM1 线圈吸合，电动机 M1 运行。同时 X0 接通，驱动定时器 T0 线圈接通，T0 开始定时，5s 后时间到，T0 动合触点接通，驱动 Y2 动作，使 Y2 外接的 KM2 线圈吸合，电动机 M2 运行。直接按下 SB2，此时 X1 接通，动断触点断开，使 Y1、Y2 外接的 KM1、KM2 线圈释放，电动机 M1、M2 停止运行。

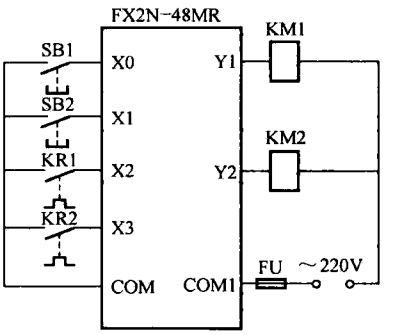
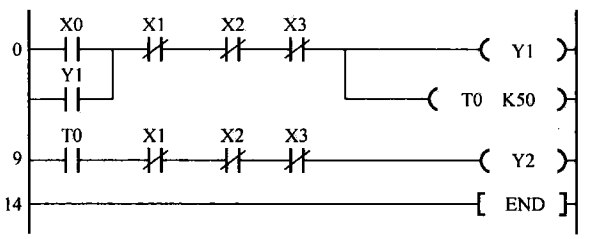


图 2-76　三相交流异步电动机顺序控制的 PLC 输入/输出接线




```
0    LD    X0
1    OR    Y1
2    ANI   X1
3    ANI   X2
4    ANI   X3
5    OUT   Y1
6    OUT   T0   K50
9    LD    T0
10   ANI   X1
11   ANI   X2
12   ANI   X3
13   OUT   Y2
14   END
```

图 2-77　三相交流异步电动机顺序控制电路 PLC 梯形图

第四节　车间两条顺序相连的传送带

一、控制要求分析

如图 2-78（a）所示为某车间两条顺序相连的传送带，为了避免运送的物料在 2 号传送带上堆积，按下启动按钮后，2 号传送带开始运行，5s 后 1 号传送带自动启动。而停机时，则是 1 号传送带先停止，10s 后 2 号传送带才能停止。

继电器控制的顺序相连传送带电路电气原理图 2-79 所示。由图 2-78（b）所示的时序图可知，SB1 是 2 号传送带的启动按钮，1 号传送带在 2 号传送带启动 5s 自行启动；SB2 是 1 号传送带的停止按钮，1 号传送带停止 10s 后 2 号传送带自行停止。为了将这个控制关系用 PLC 控制器实现，需要 2 个输入点（采用过热保护不占用输入点的方式）、2 个输出点和 2 个定时器。

二、输入/输出分析

按照控制要求，PLC 输入信号有按钮 SB1、SB2。PLC 输出信号有交流接触器 KM1、KM2 和时间继电器 KT1、KT2。表 2-15 为两条顺序相连的传送带控制电路的 PLC 控制现场信号与 PLC I/O 点编号对照表。

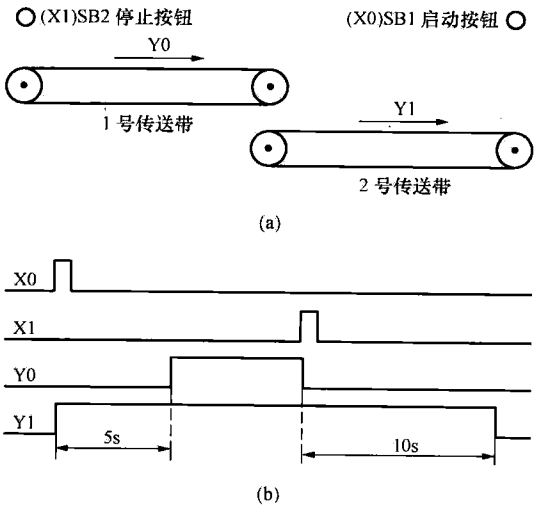


图 2-78　某车间两条顺序相连的传送带

（a）工作原理示意图；（b）时序图

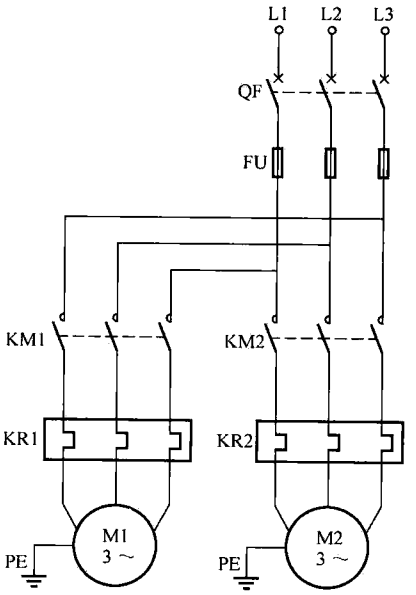


图 2-79　继电器控制的顺序相连传送带电路电气原理

表 2-15　　两条顺序相连的传送带控制电路的 PLC 控制现场信号与 PLC I/O 点编号对照表

输　入			内部与输出		
输入继电器	元　件	作　用	内部与输出	元　件	作　用
X0	SB1	启动按钮	Y1	KM2	2 号传送带接触器
X1	SB2	停止按钮	Y0	KM1	1 号传送带接触器
			T0	T0	5s 通电延时
			T1	T1	10s 断电延时

根据输入/输出点分配，画出 PLC 的接线图如图 2-80（a）所示。PLC 控制系统中的所有输入触点类型全部采用动合触点。有人由此设计出如图 2-80（b）所示的梯形图，调试程序时通不过，原因是该程序是双线圈输出，在一个扫描周期内 Y1 输出了两次。可以借助辅助继电器 M0 或 M1 间接驱动 Y1 解决双线圈问题，如图 2-81 所示。

三、程序运行

（1）启动。按下启动按钮 SB1，X0 接通，驱动 M0 和定时器 T0 线圈接通；M0 接通后，其动合触点闭合，驱动 Y1 动作，与其外接的接触器 KM2 通电，2 号传送带开始运行；另一方面，T0 接通延时 5s 后，其动合触点闭合，驱动 Y0 动作，与其外接的接触器 KM1 断电，1 号传送带运行。执行了两条传送带的顺序启动程序。

（2）停止。按下停止按钮 SB2，X1 接通，其动断触点断开，使 M0 和 Y0 断开，与 Y0 外接的 KM1 线圈断开，1 号传送带停止运行；另一方面，由于 T0 断电，其动合触点断开，动断触点闭合，定时器 T1 通电，10s 后断开 M1，使 Y1 断电，与其外接的 KM2 断开，2 号

传送带停止运行。执行了两条传送带顺序停止的程序。

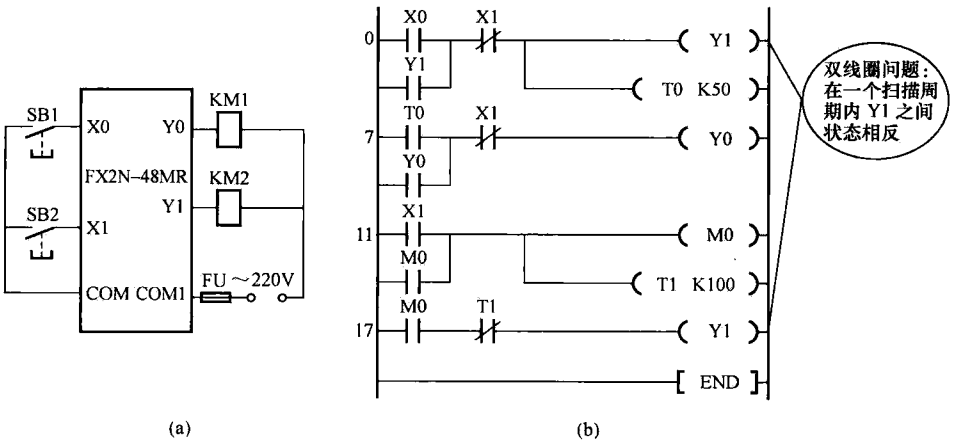


图 2-80　双线圈问题

（a）接线图；（b）梯形图

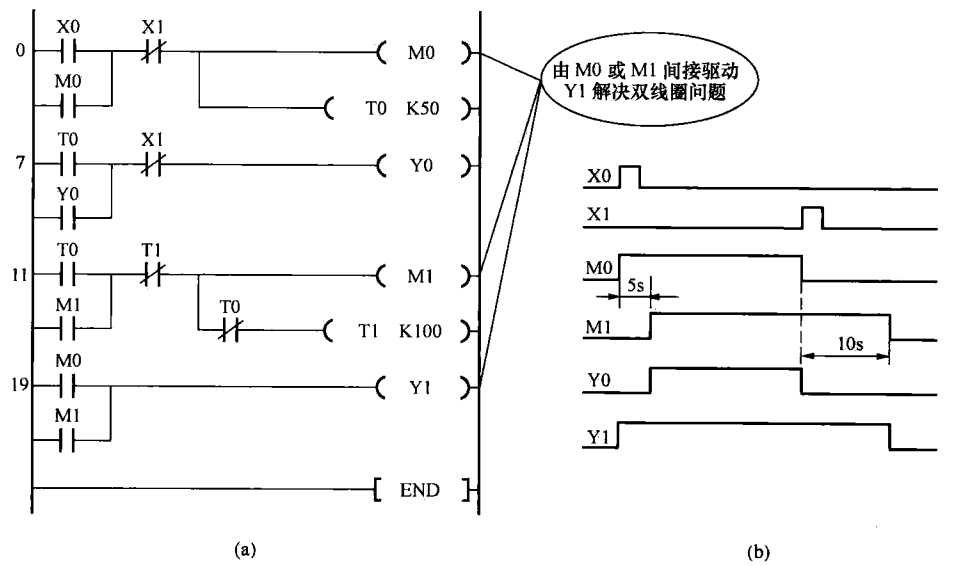


图 2-81　双线圈问题的处理

（a）梯形图；（b）时序图

第五节　三相交流异步电动机Y—△降压启动可逆运行的 PLC 控制

一、控制要求分析

三相定子绕组作三角形连接的三相笼型异步电动机，正常运行时均可采用Y—△启动的方法，以达到限制启动电流的目的。启动时定子绕组先星形联结减压启动，过一段时间转速上升到接近额定转速时，定子绕组改为三角形联结电动机进入全电压运行状态。

如图 2-82（a）所示，三相电动机控制要求如下：按下正转按钮 SB1，电动机以Y—△方

式正向启动，星形联结运行 30s 后转换为三角形联结运行。按下停止按钮 SB3，电动机停止运行。按下反转按钮 SB2，电动机以Y—△方式反向启动，星形联结运行 30s 后转换为三角形联结运行。按下停止按钮 SB3，电动机停止运行。

二、输入/输出分析

（1）按照控制要求，PLC 输入信号有按钮 SB1～SB3。PLC 输出信号有交流接触器 KM1～KM4。表 2-16 为Y—△启动的可逆运行电动机 PLC 控制现场信号与 PLC I/O 点编号对照表。

表 2-16　Y—△启动的可逆运行电动机 PLC 控制现场信号与 PLC I/O 点编号对照表

输　入			内部与输出		
输入继电器	输入元件	作　用	输出继电器	输出元件	作　用
X0	SB1	正向启动按钮	Y0	KM1	正向运行用交流接触器
X1	SB2	反向启动按钮	Y1	KM2	反向启动用交流接触器
X2	SB3	停止按钮	Y2	KM3	星形联结减压启动
			Y3	KM4	三角形联结全电压运行

（2）根据输入/输出点数分配，画出 PLC 的接线图如图 2-82（b）所示。

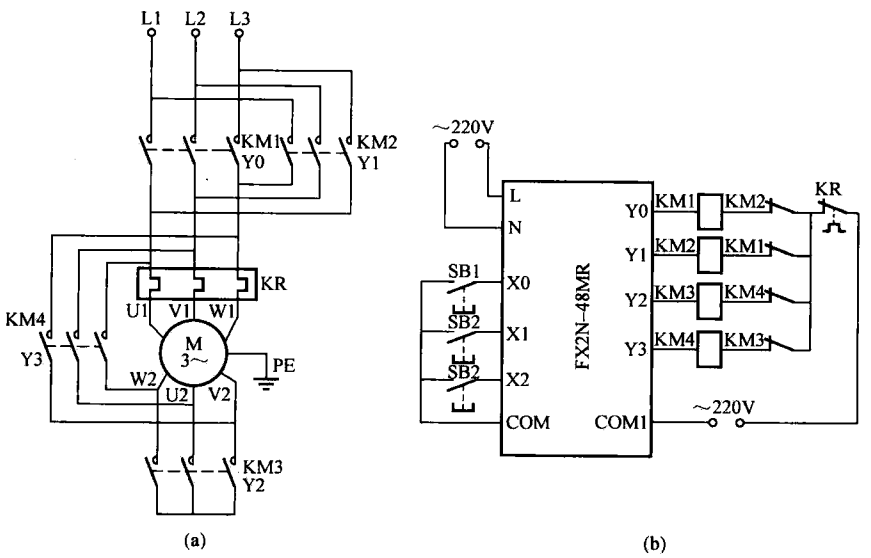


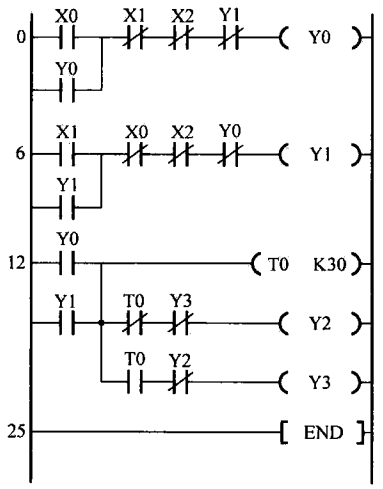
图 2-82　Y—△降压启动可逆运行电路

（a）主电路；（b）控制电路

三、程序运行

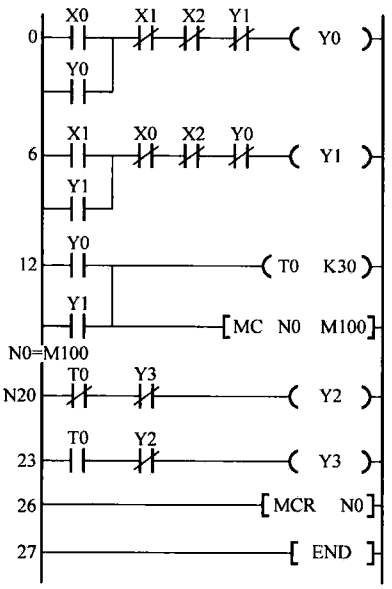
设计的梯形图如图 2-83（a）所示，当按下 SB1 时，X0 接通，驱动 Y0、Y2 动作，电动机 M 作正向星形减压启动，3s 后，Y2 断开，Y3 接通，电动机 M 转入三角形全电压运行。同理可分析反向运行。这里的动断触点 X0、X1 起到按钮互锁的作用，动断触点 Y0、Y1 和 Y2、Y3 分别起到接触器互锁的作用。

如图 2-83（a）所示梯形图的设计采用了栈寄存器指令，也可以用主控指令实现，如图 2-83（b）所示。



0	LD	X0	12	LD	Y0
1	OR	Y0	13	OR	Y1
2	ANI	X1	14	OUT	T0
3	ANI	X2			K30
4	ANI	Y1	17	MPS	
5	OUT	Y0	18	ANI	T0
6	LD	X1	19	ANI	Y3
7	OR	Y1	20	OUT	Y2
8	ANI	X0	21	MPP	
9	ANI	X2	22	AND	T0
10	ANI	Y0	23	ANI	Y2
11	OUT	Y1	24	OUT	Y3
			25	END	

(a)



0	LD	X0	12	LD	Y0
1	OR	Y0	13	OR	Y1
2	ANI	X1	14	OUT	T0
3	ANI	X2			K30
4	ANI	Y1	17	MC	N0
5	OUT	Y0			M100
6	LD	X1	20	LDI	T0
7	OR	Y1	21	ANI	Y3
8	ANI	X0	22	OUT	Y2
9	ANI	X2	23	LD	T0
10	ANI	Y0	24	ANI	Y2
11	OUT	Y1	25	OUT	Y3
			26	MCR	N0
			27	END	

(b)

图 2-83　Y—△降压启动可逆运行的电动机控制程序

（a）用栈寄存器指令实现的梯形图和指令表；（b）用主控指令实现的梯形图和指令表

第六节　报警电路的 PLC 控制

一、控制要求分析

根据要求设计一个报警器，要求当条件 X1=ON 满足时蜂鸣器鸣叫，同时报警灯连续闪烁 16 次，每次亮 2s，熄灭 3s，此后停止声光报警。

报警灯开始工作的条件可以是按钮，也可以是行程开关或接近开关等来自现场的信号，现假定是行程开关。蜂鸣器和报警灯分别占用一个输出点。报警灯亮、暗闪烁，可以采用两个定时器分别控制亮和暗的时间，而闪烁的次数则由计数器控制。

二、输入/输出分析

按照控制要求，PLC 输入信号有行程开关 SP3。PLC 输出信号有蜂鸣器和报警灯。表 2-17 为报警电路的 PLC I/O 点编号对照表。根据控制要求画出接线图，如图 2-84 所示。

表 2-17　　报警电路的 PLC I/O 点编号对照表

输入信号			输出信号		
名称	代号	输入点编号	名称	代号	输出点编号
行程开关	SP	X1	蜂鸣器	HB	Y1
			报警灯	HL	Y2

三、程序运行

该程序分三部分逐步设计：

（1）启动和停止控制程序的设计。启动信号为 X1，当碰到 SP 时，X1 为动合触点闭合，利用脉冲微分指令 PLS 产生一个脉冲信号，使输出继电器 Y1 线圈得电并自锁，Y1 产生的输出信号使蜂鸣器鸣叫。停止信号是计数器的动断触点。当报警灯闪烁 16 次以后，计数器的动断触点断开，使 Y1 线圈失电，Y1 的触点复位，报警电路停止报警。启动和停止控制程序的梯形图如图 2-85 所示。

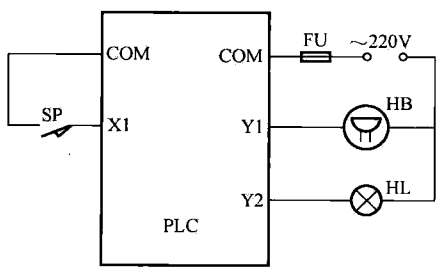


图 2-84　PLC 接线图

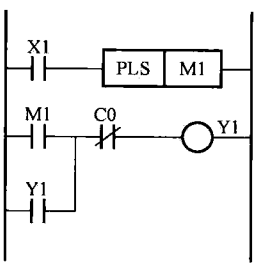


图 2-85　启动和停止控制程序的梯形图

（2）报警灯闪烁控制程序设计。如图 2-86 所示，报警灯在蜂鸣器鸣叫的同时闪烁，所以，采用 Y1 的动合触点控制报警灯闪烁。采用定时器 T0 控制报警灯亮的时间，定时器 T1 控制报警器灯熄灭时间。当 Y1 动合触点闭合时，Y2 线圈与 T0 线圈同时得电。Y2 线圈得电后产生的输出信号使报警灯亮。T0 线圈得电，经 2s 延时后，T0 动断触点断开，使 Y2 线圈失电，Y2 的触点复位，报警灯熄灭。同时，T0 动合触点闭合，使 T1 线圈失电。经 3s 延时，T1 动断触点断开，使 T0 线圈失电，T0 动合触点瞬间断开，T1 线圈也随之得电，T1 动断触点闭合，Y2 和 T0 线圈又得电，重复上述动作。由时序图可以看出，Y2 动合触点接通时间为 2s，断开时间为 3s，是一个连续脉冲信号，而且 Y2 动合触点接通和断开的时间可分别由 T0 和 T1 的常数设定值确定。这一段程序也可以作为基础控制程序，在今后编程中使用。

（3）报警灯闪烁次数控制程序设计。采用计数器 C0 进行闪烁次数的控制，要考虑计数

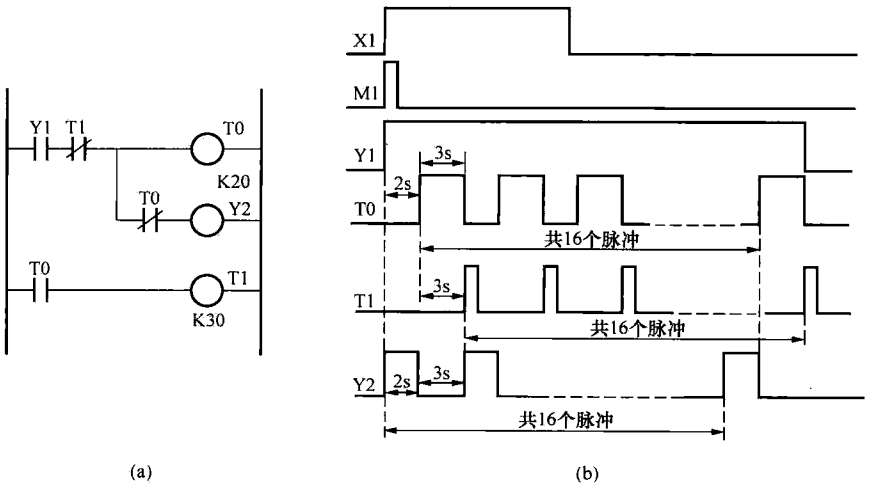


图 2-86　报警灯闪烁控制程序设计

（a）梯形图；（b）时序图

输入信号和复位信号两个方面。由图 2-86（b）所示的实序图可以看出，Y2 产生的脉冲信号下降沿正好是 T0 脉冲的上升沿。当 Y2 第 16 个脉冲结束，即报警器闪烁 16 次后，T0 正好产生第 16 个脉冲，可将 T0 触点的动作作为计数输入信号，这样当累积到第 16 个脉冲时，计数器 C0 线圈得电，C0 动断触点断开，报警器停止工作。

计数器 C0 的复位信号可以采用 C0 动合触点，当计数器 C0 线圈得电，C0 动合触点闭合时，RST C0 指令执行，使 C0 复位。但这时 C0 动合触点应并联 M8012 动合触点。在 PLC 开机时，对 C0 进行清零。也可以采用 Y1 的动断触点。当蜂鸣器鸣叫时，Y1 动断触点是断开的，RST C0 指令不执行，说明计数器 C0 正在计数，当累计到 16 个脉冲时，C0 动断触点断开，Y1 线圈失电，Y1 动断触点恢复闭合，RST C0 指令执行，计数器 C0 被复位，为报警器下次工作作准备。

将各段程序合并成完整的梯形图程序，如图 2-87 所示。

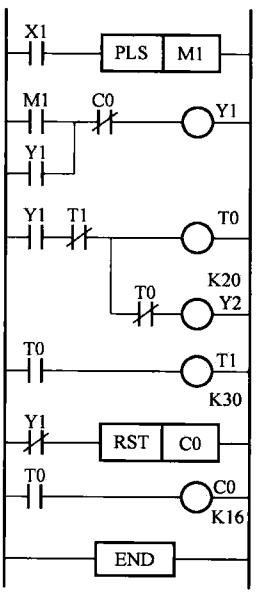


图 2-87　完整的梯形图程序

第七节　工作台自动往返 PLC 控制

工作台自动往返工作示意图如图 2-88 所示。工作台的前进、后退由电动机通过丝杠驱动。

一、控制要求分析

控制要求：①自动循环工作；②点动工作（供调试用）；③单循环运行，即工作台前进、后退 1 次循环后停在原位；④8 次循环计数控制，即前进、后退为 1 个循环，循环 8 次后自动停在原位。

工作台前进与后退是通过电动机正、反转来控制的，所以完成这一动作只要用电动机正、

反转控制基本程序即可。

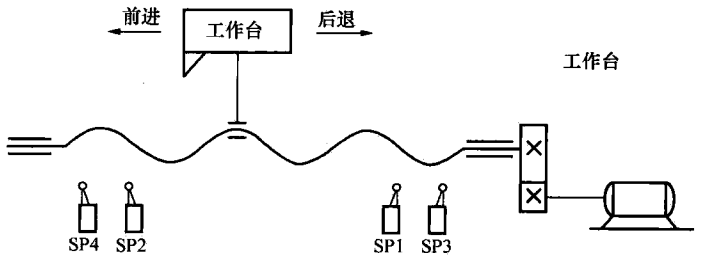


图 2-88　工作台自动往返工作示意图

工作台控制方式有点动和自动连续控制方式，可以采用程序（软件的方法）实现两种运行方式的转换，也可以采用控制开关 SA1（即硬件的方法）来选择。设控制开关 SA1 闭合时，工作台工作在点动控制状态；SA1 断开时，工作台工作在自动连续控制状态。

工作台有单循环与多次循环两种状态，也可以采用控制开关来选择。设 SA2 闭合时，工作台实现单循环工作；SA2 断开时，工作台实现多次循环工作。多次循环工作要限定循环次数，所以选择计数器进行控制。

二、输入/输出分析

按照控制要求，PLC 输入信号有转换开关 ST1、ST2；按钮 SB1～SB3；行程开关 SP1～SP4。PLC 输出信号交流接触器 KM1、KM2。表 2-18 为工作台自动往返 PLC 控制现场信号与 PLC I/O 点编号对照表。根据控制要求画出接线图，如图 2-89 所示。

表 2-18　　工作台自动往返 PLC 控制现场信号与 PLC I/O 点编号对照表

输入信号			输出信号		
名　称	代　号	输入点编号	名　称	代　号	输出点编号
点动/自动选择开关	ST1	X0	接触器（控制正转）	KM1	Y0
停止按钮	SB1	X1	接触器（控制反转）	KM2	Y1
正转启动按钮	SB2	X2			
反转启动按钮	SB3	X3			
单循环/连续循环选择开关	ST2	X4			
行程开关	SP1	X5			
	SP2	X6			
	SP3	X7			
	SP4	X10			

三、程序运行

按要求设计控制程序：

（1）根据控制对象，设计基本控制环节的程序。控制对象是工作台，其工作方式有前进、后退两种。电动机正转时，通过丝杠使工作台前进；电动机反转时，通过丝杠使工作台后退。因此，基本控制程序应是电动机正/反转控制程序，梯形图如图 2-90 所示。

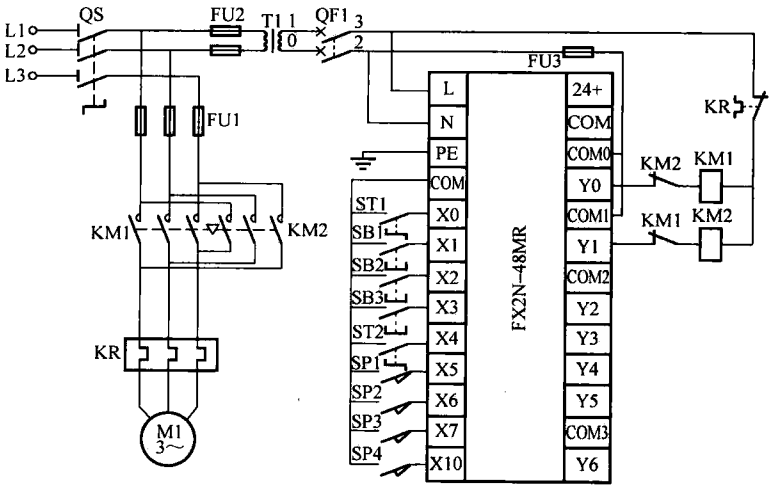


图 2-89　PLC 接线图

（2）实现自动往返功能的程序设计。分析工作台自动往返的工作过程可知，工作台前进中撞块压合 SP2 后，SP2 动作，X6 动断触点应先断开 Y0 线圈，使工作台停止前进，然后 X6 动合触点再接通 Y1 线圈，使工作台后退，完成工作台由前进转为后退的动作。同理，撞块压合 SP1 后，工作台完成由后退转为前进的动作。自动往返功能控制程序的梯形图如图 2-91 所示。

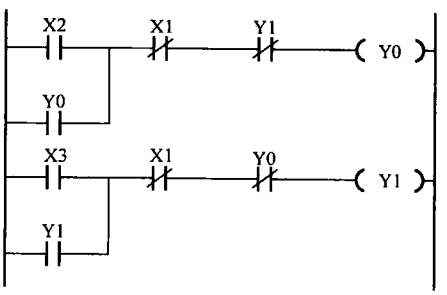


图 2-90　电动机正/反转控制程序梯形图

（3）实现点动功能的程序设计。根据点动控制的概念可知，如果解除或加上自锁功能，就能实现点动控制与自动控制，ST1 闭合后，工作台点动控制，梯形图如图 2-92 所示，在梯形图中，利用 X0 分别与实现自锁控制的动合触点 Y0、Y1 串联，实现点动与自动控制的选择。ST1 闭合后，输入继电器 X0 线圈得电，则 X0 动断触点断开，使 Y0、Y1 失去自锁作用，实现了系统的点动控制。

（4）实现单循环控制程序的设计。单循环工作方式是指按下启动按钮后，工作台由原位前进，当撞块压合 SP2 后由前进转为后退，后退到原位后撞块压合 SP1，使工作台停在原位。由分析可知，如果撞块压合 SP1，则 X5 动断触点断开，使 Y1 线圈失电，工作台停止后退。在 X5 动合触点闭合后，只要不使 Y0 线圈得电，工作台就不会前进，这样便实现了单循环控制。

采用开关 ST2 选择单循环控制，当 ST2 闭合后，输入继电器 X4 线圈得电，X4 动断触点断开，与 X4 动断触点串联的 X5 动合触点失去作用，即在 X5 动合触点闭合后，Y0 线圈也不能得电，工作台不能前进。单循环控制程序梯形图如图 2-93 所示。

（5）循环计数功能程序设计。工作台由前进变为后退并使撞块压合 SP1 后，为 1 次工作循环。要求工作台循环 8 次后，自动停在原位，可由计数器累计工作台循环次数。计数器的计数信号由 X5（SP1）提供，梯形图如图 2-94 所示。梯形图中 X2 信号为启动信号，X2 闭合时系统启动，同时计数器清零，为计数循环次数作准备。SP1 被压合 8 次后，X5 也通断 8 次，则 C0 有 8 个计数脉冲输入，C0 线圈得电。C0 动断触点断开，使 Y0 线圈不可能得电，工作台停在原位。

（6）设置必要的保护环节。工作台自动往返控制必须设置限位保护，SP3 与 SP4 分别为

后退和前进的限位保护。带有限位保护的控制程序梯形图如图 2-95 所示。

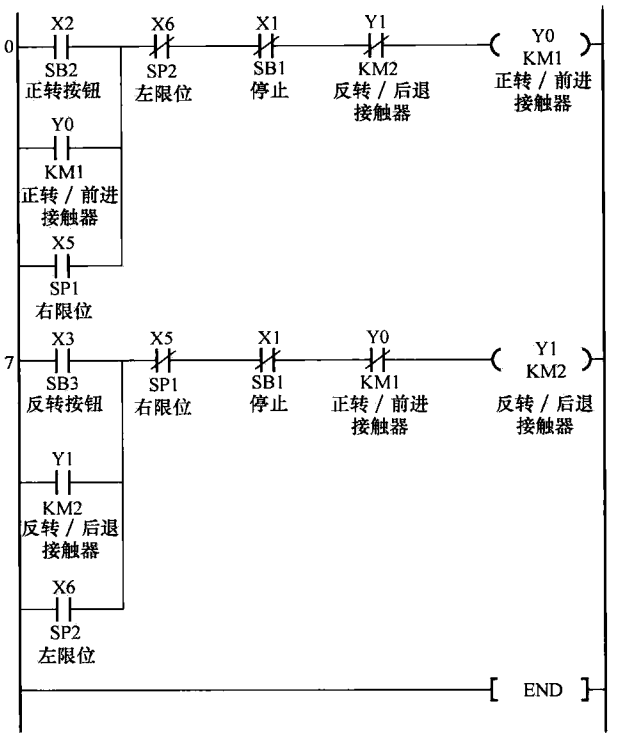


图 2-91　自动往返功能控制程序的梯形图

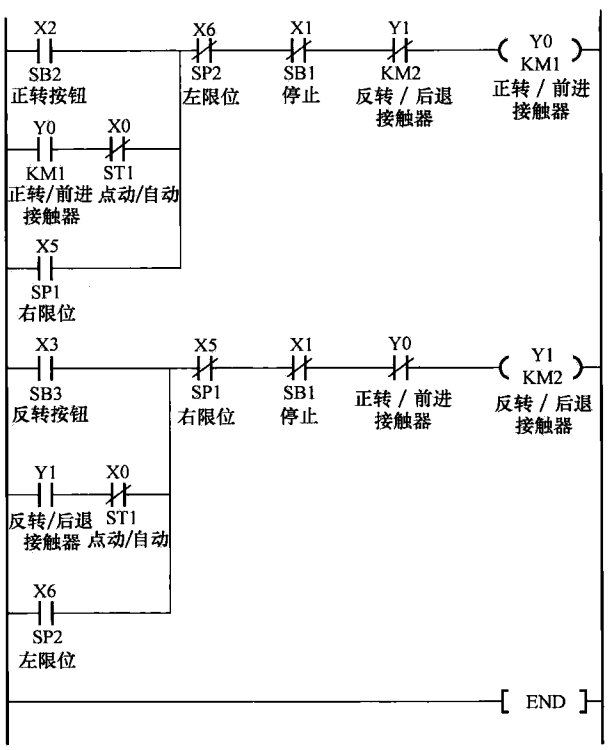


图 2-92　工作台点动控制梯形图

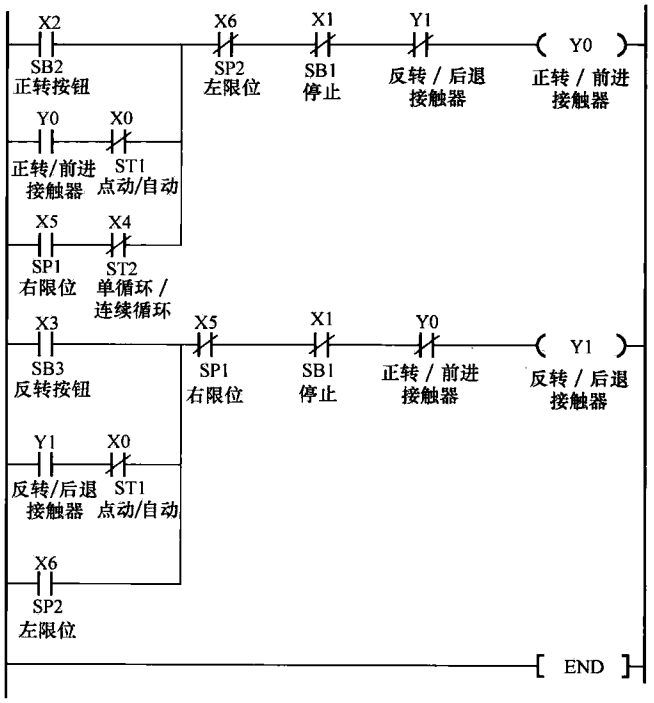


图 2-93　单循环控制程序梯形图

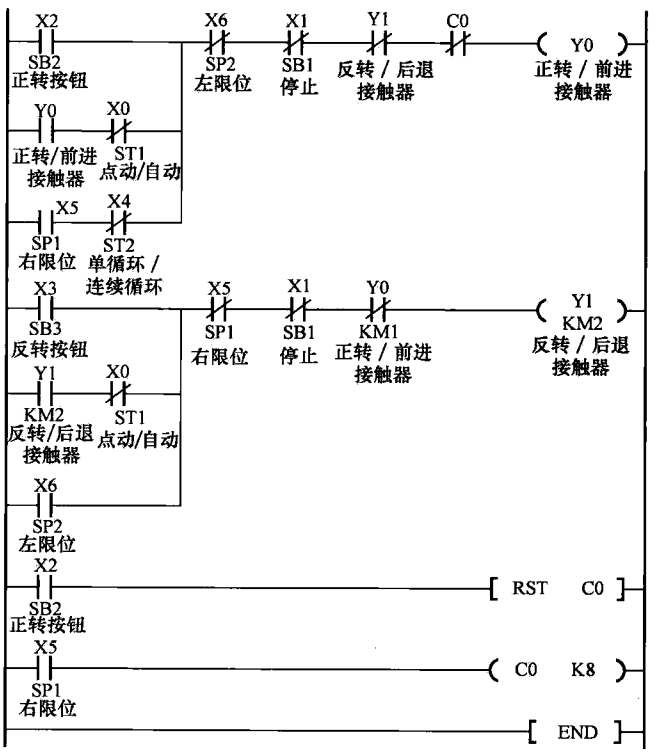


图 2-94　循环计数功能程序梯形图

（7）工作台在两端停留 5s 后再返回。工作台循环工作完整程序的梯形图如图 2-96 所示。

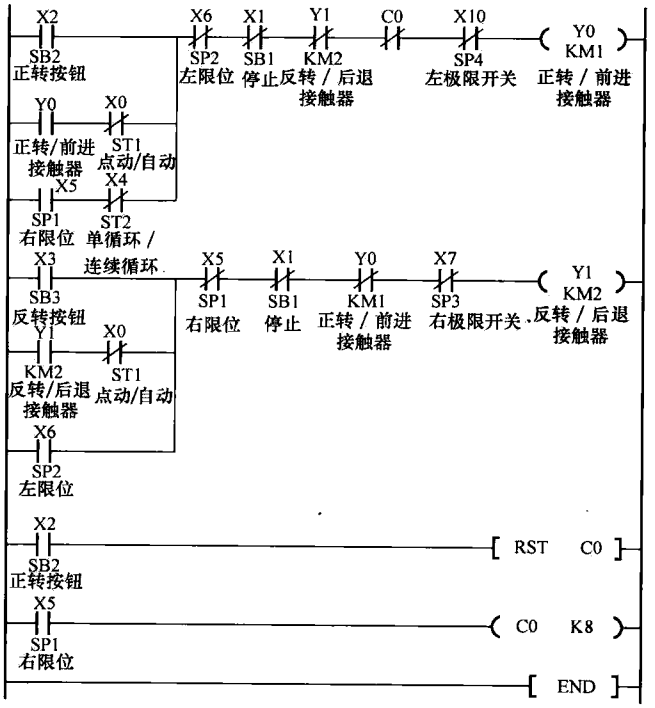


图 2-95　带有限位保护的控制程序梯形图

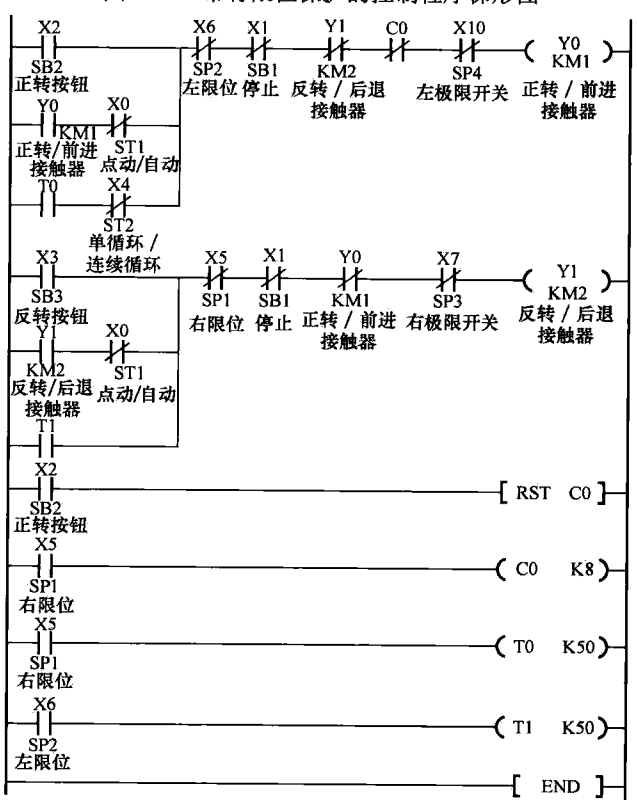


图 2-96　工作台循环工作完整程序的梯形图

第八节　拉伸缠绕包装机的 PLC 控制

拉伸缠绕包装机机械结构主要包括转盘和薄膜架机构。转盘的旋转由三相异步电动机拖动；薄膜架机构用于安装卷筒薄膜，并可以升降，其升降动作由另一台三相异步电动机拖动。拉伸缠绕包装机的结构示意图如图 2-97 所示。

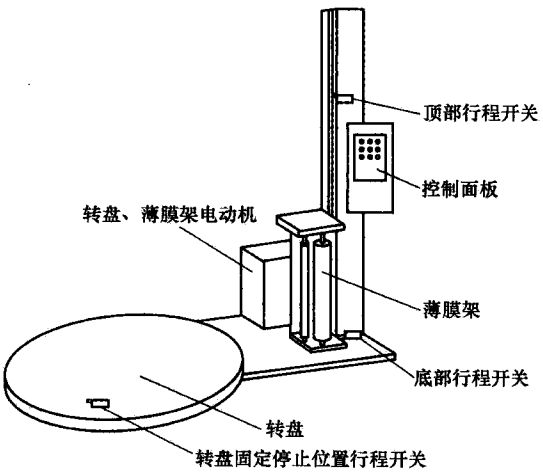


图 2-97　拉伸缠绕包装机结构示意图

当数件产品放在一个木制托盘上形成集合产品后，由叉车将其放到包装机的转盘上，并将卷筒薄膜的端头固定在木制托盘上，启动包装设备。

设备运行过程如下：按下启动按钮后，转盘旋转，转盘上的集合产品跟着旋转，薄膜缠绕在集合产品的底部；一定时间后，底部薄膜缠绕完成，薄膜架开始上升，薄膜呈螺旋状缠绕在集合产品的外围；当薄膜架上升到集合产品的顶部，薄膜架停止上升，一定时间后完成顶部的薄膜缠绕。薄膜架之后开始下降，降到底部停止，当转盘也转到固定位置停止时，将薄膜切断，包装完成，由叉车取下包装好后的产品。

一、控制要求分析

由生产工艺要求可知，转盘的旋转由三相异步电动机拖动，设此电动机为 M1，该电动机只需单相旋转；薄膜架机构也由一台三相异步电动机拖动，设为 M2，根据要求，此电动机需要正/反转旋转。薄膜架在底部需要停留，这样底部就需要安装一个行程开关，设为 SP1；薄膜架在顶部需要停留，这样顶部也需要安装一个行程开关，设为 SP2；转盘转动到固定位置方可停止，因此此项控制也需要一个行程开关，设为 SP3。控制方案按照手动/自动两种控制状态进行设计，在控制面板上要有自动/手动选择开关 SA；手动转盘选择按钮 SB1；手动薄膜架上升控制按钮 SB2；手动薄膜架下降控制按钮 SB3；自动启动控制按钮 SB4 和急停控制按钮 SB5。

二、输入/输出分析

按照控制要求，PLC 输入信号有选择开关 SA（1 为自动，0 为手动），按钮 SB1～SB5，行程开关 SP1～SP3。PLC 输出信号有控制电动机 M1 的交流接触器 KM1，控制电动机 M2 的交流接触器 KM2、KM3。表 2-19 为拉伸缠绕包装机现场信号与 PLC I/O 点编号对照表。

表 2-19　　拉伸缠绕包装机现场信号与 PLC I/O 点编号对照表

输入信号			输出信号		
名　称	代号	输入点编号	名　称	代号	输出点编号
选择开关①	SA	X0	M1 接触器	KM1	Y0

续表

输入信号			输出信号		
名　称	代号	输入点编号	名　称	代号	输出点编号
手动转盘选择按钮	SB1	X1	M2 上升接触器	KM2	Y1
手动薄膜架上升按钮	SB2	X2	M3 下降接触器	KM3	Y2
手动薄膜架下降按钮	SB3	X3			
自动启动按钮	SB4	X4			
急停按钮	SB5	X5			
薄膜架底部行程开关	SP1	X6			
薄膜架顶部行程开关	SP2	X7			
转盘行程开关	SP3	X10			

① 选择开关置 1 为自动，置 0 为手动。

根据表 2-19 设计拉伸缠绕包装机 PLC 接线图和主电路，如图 2-98 所示。

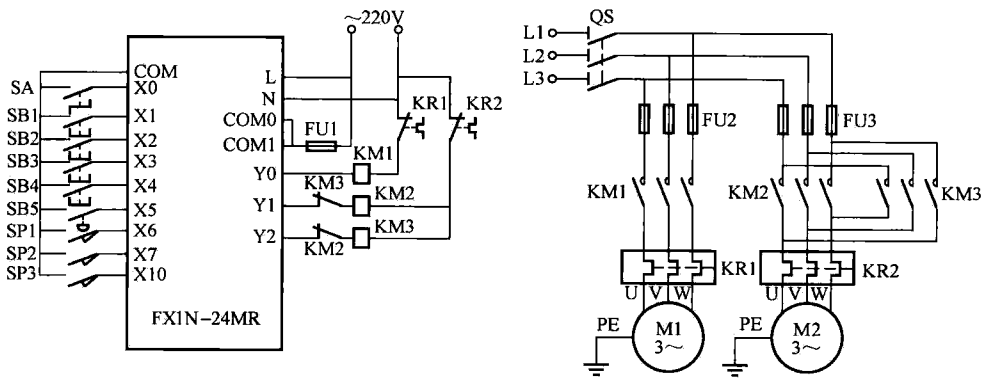


图 2-98　拉伸缠绕包装机 PLC 接线图和主电路图

三、设计梯形图

按照手动和自动两种工作状态进行程序设计。首先将手动和自动梯形图分开来编程。由于在手动和自动状态下都要有控制两台电动机运行的输出信号，为了避免双线圈输出，在手动和自动编程时，利用辅助继电器作为中间输出，然后将同一动作功能的辅助继电器触点并联来驱动输出继电器。在编制手动和自动部分程序时，辅助继电器的编号中间最好空几个，留在修改程序时使用，以免程序作较大调整。

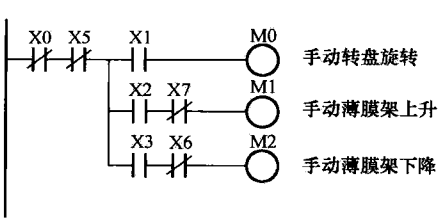


图 2-99　手动部分梯形图

图 2-99 为手动部分梯形图，图 2-100 为自动部分梯形图，图 2-101 为输出部分梯形图。当然这三部分是一个整体，之所以分成三部分是因为便于编制和理解。读者可以根据基本指令编写基本指令表。较复杂的梯形图在编写过程中一般要加一些注释，以便修改程序及其他人员阅读时容易理解。

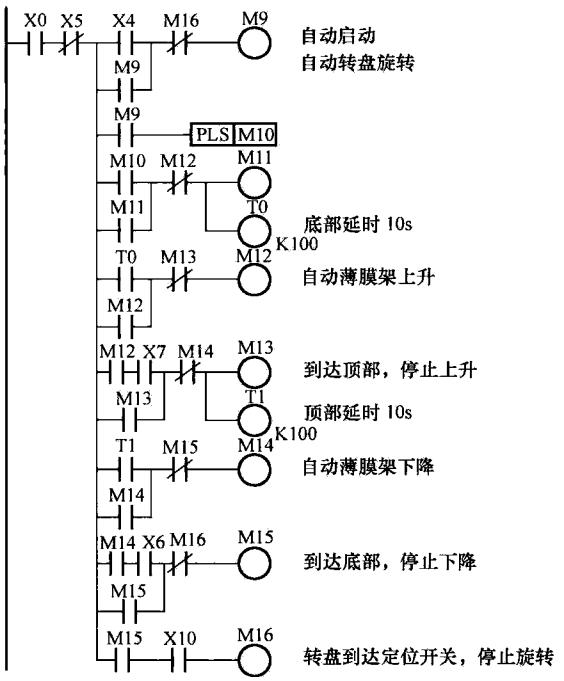


图 2-100　自动部分梯形图

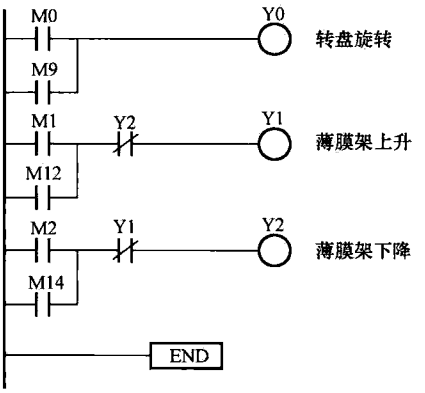


图 2-101　输出部分梯形图



思 考 题 二

1. FX2N 系列 PLC 主要有哪些软继电器？其主要功能是什么？
2. FX2N 系列 PLC 中共有几种类型的辅助继电器？这些辅助继电器各有什么特点？
3. 积算定时器与非积算定时器的异同点是什么？
4. FX2N 系列 PLC 中共有几种类型的计数器？它们各有什么特点？
5. FX2N 系列 PLC 的基本指令共有多少条？说明每一条指令的名称和功能。
6. 简要说明 AND 指令与 ANB 指令、OR 指令与 ORB 指令之间的区别。
7. 绘出下列指令语句表对应的梯形图。

```
0 LD  X1     4 ORB       8  ANI X10    12 AND M2     16 END
1 ANI X2     5 LD  X5    9  ORB        13 ORB
2 LD  X3     6 AND X6    10 ANB        14 AND M3
3 ANI X4     7 LD  X7    11 LD M1      15 OUT Y1
```

8. 绘出下列指令语句表对应的梯形图。

```
0 LD   X0        6  OUT  C0
1 ANI  M0                K 8
2 OUT  M1        9  LD   C0
3 LD   X1        10 OUT  Y0
4 RST  C0        11 END
5 LD   M1
```

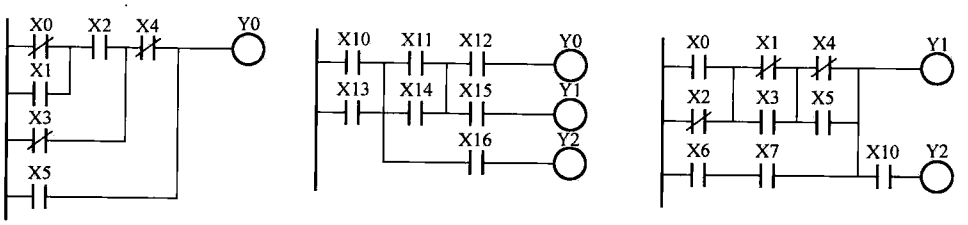
9．绘出下列指令语句表对应的梯形图。

```
0  LD  X1          10  MPP
1  MPS             11  OUT Y2
2  AND X2          12  MPP
3  MPS             13  OUT Y3
4  AND X3          14  MPP
5  MPS             15  OUT Y4
6  AND X4          16  MPP
7  MPS             17  OUT Y5
8  AND X5          18  END
9  OUT Y1
```

10．绘出下列指令语句表对应的梯形图。

```
0  LD  X2          8  LD  X3
1  OR  Y2          9  OUT T1
2  ANI X1                K50
3  MC  N0         11 MCR N0
       M0         13 END
6  LDI T1
7  OUT Y2
```

11．写出图 2-102 所示梯形图的指令语句表。



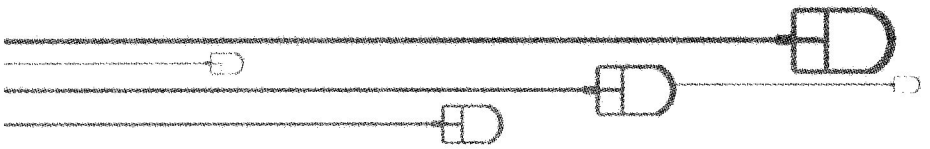
(a)　　(b)　　(c)

图 2-102　本章思考题 11 图

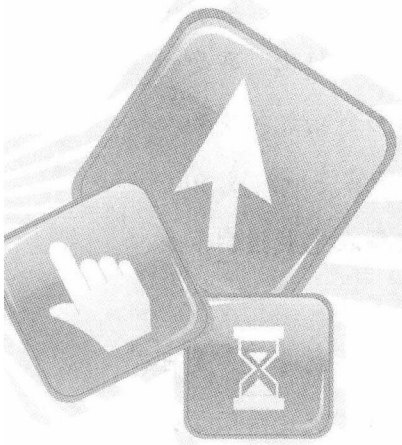
12．设计装配生产线的计数控制电路，此电路用来对装配生产线上的产品进行检测和计数。要求检测到每 12 个产品通过时，产生一个输出，接通电磁阀 5s，试设计其梯形图并写出指令语句表。

13．有一个指示灯，控制要求为：按下启动按钮后，亮 5s，熄灭 5s，重复 5 次后停止工作。试设计其梯形图并写出指令语句表。

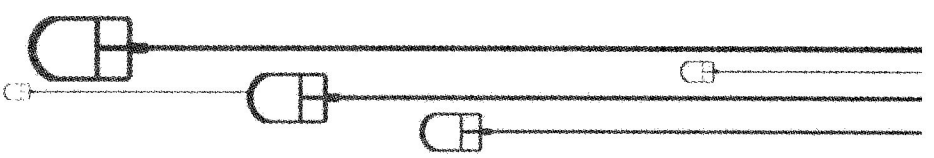
14．有 3 台电动机，控制要求为：按 M1、M2、M3 的顺序启动；前级电动机不启动，后级电动机不能启动；前级电动机停止时，后级电动机也停止。试设计其梯形图并写出指令语句表。

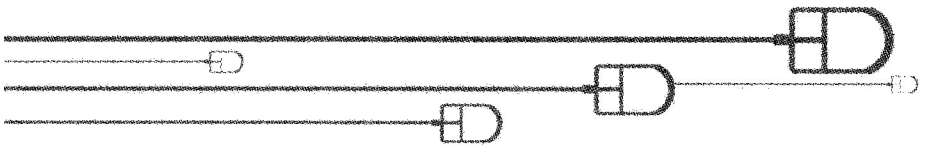


第三篇



西门子 S7-200 系列 PLC 的特点与应用

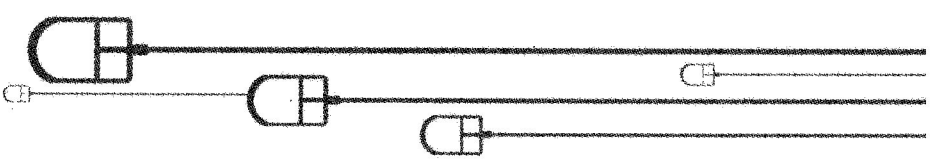




S7-200 PLC 是德国西门子公司生产的一种小型 PLC，但其许多功能已经达到大、中型 PLC 的水平，而价格却与小型机一样，因此，它一经推出，即受到了广泛关注，特别是 S7-200 CPU22X 系列 PLC。由于它具有多种功能模块和人机界面（HWI）可供选择，所以集成系统非常方便，还可以很容易地组成 PLC 网络，同时它具有功能齐全的编程和工业控制组态软件，使得在完成控制系统的设计时更加简单，几乎可以完成任何功能的控制任务。

德国的西门子公司是世界著名的、也是欧洲最大的电气设备制造商，是世界上研究、开发 PLC 较早的少数几个国家之一，欧洲第一台 PLC 就是西门子公司于 1973 年研制成功的，到 20 世纪末推出了 SIMATIC S7 系列 PLC，也可以说是它的第三代产品。

西门子公司的 PLC 在我国应用得十分普遍，尤其是大、中型 PLC，由于其可靠性高，在自动化控制领域中久负盛名。目前，较先进的有 S7、M7 和 C7 三个系列的 PLC 产品，S7 系列的 PLC 根据控制系统规模的不同，分为三个系列：S7-200、S7-300、S7-400，分别对应小型、中型、大型 PLC。而基于 SIMATIC 系列 PLC 的各种功能模块、人机界面、工业网络、工业软件及控制方案的迅速发展，使 PLC 控制系统的功能更加强大，系统的设计和操作却越来越简便。



第六章
西门子 S7-200 系列 PLC 的概述

S7 系列 PLC 编程均使用 STEP 7 编程软件，该软件 4.0 版已经完全汉化，编程非常方便、简单。考虑到西门子公司的产品在我国应用非常广泛，其功能比较全面和典型，具有一定的代表性，因此本章以 S7-200 CPU22×系列为例，主要介绍 S7-200 的系统组成、S7-200 的性能特点及基本功能、S7-200 的内部资源及寻址方式、S7-200 的编程语言及程序结构等内容。

第一节　S7-200 PLC 系统组成

一、S7-200 系统基本结构

S7-200 是西门子公司前几年投入市场的小型可编程序控制器，可以单机控制，也可以进行输入/输出和功能模块的扩展。S7-200 属于整体式结构，它价格低廉，结构小巧，可靠性高，运行速度快，具有极丰富的指令集、强大的多种集成功能和实时特性及很高的性价比。根据控制规模的大小（即输入/输出点数的多少），可以选择相应的 CPU 主机。除了 CPU221 以外，其他 CPU 主机均可进行系统扩展，在规模不太大的控制领域是较为理想的控制设备。

同其他的 PLC 一样，S7-200 的系统基本组成也是由主机单元加编程器组成的。在需要进行系统扩展时，系统组成中还可包括：数字量扩展单元模块、模拟量扩展单元模块、通信模块、网络设备、人机界面（HMI）等。S7-200 的基本结构如图 3-1 所示。

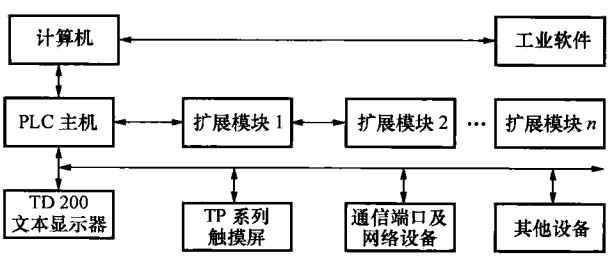


图 3-1　S7-200 的基本结构

二、主机单元

S7-200 主机单元的 CPU 共有两个系列：CPU21×和 CPU22×。CPU21×系列包括 CPU212、

CPU214、CPU215、CPU216；CPU22×系统包括 CPU221、CPU222、CPU224、CPU226、CPU226XM。由于 CPU21×系列属于 S7-200 的第一代产品，不再做具体介绍，下面只介绍 CPU22X 系列。

1. CPU221

CPU221 主机单元有以下特点：

（1）6 输入/4 输出共 10 个数字量 I/O 点。

（2）无 I/O 扩展功能。

（3）6KB 的程序和数据储存区空间。

（4）4 个独立的 30kHz 高速计数器，2 路独立的 20kHz 高速脉冲输出。

（5）1 个 RS-485 通信/编程接口。

（6）具有多点接口（Multi Point Interface，MPI）通信协议。

（7）具有点对点接口（Point to Point Interface，PPI）通信协议。

（8）具有自由通信接口。

2. CPU222

CPU222 主机单元有以下特点：

（1）8 输入/6 输出共 14 个数字量 I/O 点。

（2）可连接 2 个扩展模块单元，最大可扩展至 78 个数字量 I/O 点或 10 路模拟量 I/O。

（3）6KB 的程序和数据储存区空间。

（4）4 个独立的 30kHz 的高速计数器，2 路独立的 20kHz 的高速脉冲输出。

（5）具有 PID 控制器。

（6）1 个 RS-485 通信/编程口。

（7）具有多点接口（Multi Point Interface，MPI）通信协议。

（8）具有点对点接口（Point to Point Interface，PPI）通信协议。

（9）具有自由通信口。

3. CPU224

CPU224 主机单元具有以下特点：

（1）14 输入/10 输出共 24 个数字量 I/O 点。

（2）可连接 7 个扩展模块单元，最大可扩展至 168 个数字量 I/O 点或 35 路模拟量 I/O。

（3）13KB 的程序和数据储存区空间。

（4）6 个独立的 30kHz 的高速计数器，2 路独立的 20kHz 的高速脉冲输出。

（5）具有 PID 控制器。

（6）1 个 RS-485 通信/编程口。

（7）具有多点接口（Multi Point Interface，MPI）通信协议。

（8）具有点对点接口（Point to Point Interface，PPI）通信协议。

（9）具有自由通信口。

（10）I/O 端子排可以很容易地整体拆卸。

4. CPU226

CPU226 主机单元具有以下特点：

（1）24 输入/16 输出共 40 个数字量 I/O 点。

（2）可连接 7 个扩展模块单元，最大可扩展至 348 个数字量 I/O 点或 35 路模拟量 I/O。

（3）13KB 的程序和数据储存区空间。

（4）6 个独立的 30kHz 的高速计数器，2 路独立的 20kHz 的高速脉冲输出。

（5）具有 PID 控制器。

（6）2 个 RS-485 通信/编程接口。

（7）具有多点接口（Multi Point Interface，MPI）通信协议。

（8）具有点对点接口（Point to Point Interface，PPI）通信协议。

（9）具有自由通信接口。

（10）I/O 端子排可以很容易地整体拆卸。

5. CPU226MX

与 CPU226 相比，除了程序和数据储存区空间由 13KB 增加到 26KB 外，其余功能不变。

三、数字量扩展模块

S7-200 系列目前可以提供三大类共 9 种数字量输入/输出扩展模块。

EM221，数字量输入（DI）扩展模块，具有 8 点 DC 输入，光耦合器隔离。

EM222，数字量输出（DO）扩展模块，有 2 种输出类型：①8 点 DC 24V 输出型；②8 点继电器输出型。

EM223：数字量混合输入/输出（DI/DO）扩展模块，有 6 种输出类型。

（1）DC 24V 输入 4 点/输出 4 点。

（2）DC 24V 输入 4 点/继电器输出 4 点。

（3）DC 24V 输入 8 点/输出 8 点。

（4）DC 24V 输入 8 点/继电器输出 8 点。

（5）DC 24V 输入 16 点/输出 16 点。

（6）DC 24V 输入 16 点/继电器输出 16 点。

四、模拟量扩展模块

1. EM231

EM231：4 路 12 位模拟器输入（AI）模块。

（1）差分输入，输入范围：电压：0～10V，0～5V，±2.5V，±5V；电流：0～20mA。

（2）转换时间：<250μs。

（3）最大输入电压：DC 30V，最大输入电流 32mA。

2. EM232

EM232：2 路 12 位模拟器输入（AO）模块。

（1）输出范围：电压：±10V，电流：0～20mA。

（2）数据字格式：电压-32 000～+32 000，电流 0～+32 000。

（3）分辨率：电压 12 位，电流 11 位。

3. EM235

EM235：模拟量混合输入/输出（AI/ AO）模块。

（1）模拟量输入 4 路，模拟量输出 1 路。

（2）差分输入，电压：0～10V，0～5V，0～1V，0～500mV，0～100mV，0～50mV，±10V，±5V，±2.5V，±1V，±500mV，±250mV，±100V，±50mV，±25mV；电流：0～20mA。

（3）转换时间：<250μs。

（4）稳定时间：电压 100μs，电流 2ms。

五、智能模块

1. EM277 通信处理器

EM277 是连接 SIMATIC 现场总线 PROFIBUS-DP 从站的通信模块，使用 EM277 可以将 S7-200 PLC 的 CPU 作为现场总线 PROFIBUS-DP 的从站接到网络中。在 EM277 中，有一个 RS-485 接口，传输速率为 9.6kb/s，19.2kb/s，45.45kb/s，93.75kb/s，187.5kb/s，500kb/s～1Mb/s，1.5Mb/s，3Mb/s，6Mb/s，12Mb/s，可自动设置。

2. CPU243-2 通信处理器

CPU243-2 是 S7-200 PLC（CPU22×）的 AS-i 主站，通过连接 AS-i 可显著地增加 S7-200 PLC 的数字量输入/输出点数。每个主站最多可连接 31 个 AS-i 从站。S7-200 PLC 同时可以处理最多 2 个 CPU243-2，每个 CPU243-2 的 AS-i 上最大有 124DI/124DO。

六、其他设备

1. 编程设备（PG）

编程器是任何一台 PLC 不可缺少的设备，一般由制造商专门提供。S7-200 PLC 的编程器可以是简单的手持编程器 PG702，也可以是昂贵的图形编程器，如 PG740Ⅱ、PG760Ⅱ等。为降低编程设备的成本，目前广泛采用个人计算机作为编程设备，但需配置制造商提供的专用编程软件。S7-200 PLC 的编程软件为 STEP-Micro/MIN32V4.0，通过一条 PC/PPI 电缆将用户程序送入 PLC 中。

2. 人机操作界面（Human Machine Interface，HMI）

人机操作界面由两部分组成：一部分是文本显示器 TD200，另一部分是触摸屏。

（1）文本显示器 TD200。TD200 是 S7-200 PLC 的操作界面，其功能如下：

1）显示文本信息。通过选择项确认的方法显示最多 80 条信息，每条信息最多包含 4 个变量。可显示中文。

2）设定实时时钟。

3）提供强制 I/O 点诊断功能。

4）可显示过程参数，并可通过输入键进行设定或修改。

5）具有可编程的 8 个功能键，可以替代普通的控制按钮，从而可以节省 8 个输入点。

6）具有密码保护功能。

TD200 不需要单独的电源，只需要将它的电缆接到 CPU22×的 PPI 接口上，用 STEP7-Micro/MIN 软件进行编程。

（2）触摸屏 TP070、TP170A、TP170B 及 TP27、TP070、TP170A、TP170B 为具有较强功能且价格适中的触摸屏，其特点如下。

1）在 Windows 环境下工作。

2）可通过 MPI 及 PROFIBUS-DP 与 S7-200 PLC 连接。

3）带有背景显示的显示屏寿命达 50 000h，可连续工作 6 年。

4）利用 STEP7-Micro/MIN（Pro） SIMATIC Protocol/Tite V5.2 进行组态。TP7 及 TP27 触摸屏主要用于机床操作和监控。

第二节　S7-200 PLC 的性能特点及基本功能

一、S7-200 PLC 的主要技术性能指标

PLC 的技术性能指标是衡量其功能的直接反映，是设备选型的重要依据。S7-200 CPU22×系列的主要技术性能指标见表 3-1。

表 3-1　　CPU22×系列的主要技术性能指标

指　标	CPU 221	CPU 222	CPU 224	CPU 226
外形尺寸（mm）	90×80×62	90×80×62	120.5×80×62	190×80×62
用户程序（字）	2048	2048	4096	4096
用户数据（字）	1024	1024	2560	2560
数据后备（电容）	50h	50h	50h	50h
本机 I/O	6 入/4 出	8 入/6 出	14 入/10 出	24 入/16 出
扩展模块数量	无	2 个	7 个	7 个
数字量 I/O 映像区	256	256	256	256
模拟量 I/O 映像区	无	16 入/16 出	32 入/32 出	32 入/32 出
布尔指令执行速度	0.37μs/指令	0.37μs/指令	0.37μs/指令	0.37μs/指令
FOR/NEXT 循环	有	有	有	有
整数指令	有	有	有	有
实数指令	有	有	有	有
I/O 映像寄存器	128I/128O	128I/128O	128I/128O	128I/128O
内部通用寄存器	256	256	256	256
定时器/计数器	256/256	256/256	256/256	256/256
字入/字出	无	16/16	32/32	32/32
顺序控制寄存器	256	256	256	256
内置高速计数器	4H/W（20kHz）	4H/W（20kHz）	4H/W（20kHz）	4H/W（20kHz）
模拟电位器	1	1	2	2
直流脉冲输出	2（20kHz）	2（20kHz）	2（20kHz）	2（20kHz）
通信中断	1 发送/2 接收	1 发送/2 接收	1 发送/2 接收	1 发送/4 接收
硬件输入中断	4 输入滤波器	4 输入滤波器	4 输入滤波器	4 输入滤波器
定时中断	2（1～255ms）	2（1～255ms）	2（1～255ms）	2（1～255ms）
实时时钟	有（时钟卡）	有（时钟卡）	有（内置）	有（内置）
口令保护	有	有	有	有

续表

指　标	CPU 221	CPU 222	CPU 224	CPU 226
通信口数量	1（RS-485）	1（RS-485）	1（RS-485）	1（RS-485）
支持协议 0 号口 1 号口	PPI，DP/T 自由口 无	PPI，DP/T 自由口 无	PPI，DP/T 自由口 无	PPI，DP/T 自由口 同 0 号口
PROFIBUS 点对点	NETR/NETW	NETR/NETW	NETR/NETW	NETR/NETW

S7-200 PLC 的电源电压有 DC 20.4～28.8V 和 AC 85～264V 两种，主机上还集成了 24V 直流电源可以直接用于连接传感器等输入信号及小负荷执行机构。它的输出类型有专用于直流回路的晶体管型以及直流、交流都可以使用的继电器型两种输出方式。利用高速计数器专用指令及相对应的输入端可以捕捉比 CPU 扫描周期更快的脉冲信号，实现高速计数。两路最大可达 20kHz 的高频脉冲输出，可用以驱动步进电动机和伺服电动机以实现准确定位任务。可以用模块上的电位器来改变它对应的特殊寄存器中的数值，可以实时更改程序运行中的一些参数，如定时器/计数器的设定值、过程量的控制参数等。实时时钟可用于对信息加注时间标记，记录机器运行时间或对过程进行时间控制。

二、S7-200 PLC 的输入/输出系统

PLC 通过输入/输出点与现场设备构成一个完整的 PLC 控制系统，因此要综合考虑现场设备的性质及 PLC 的输入/输出特性，才能更好地利用 PLC 的功能。

1. 输出特性

在 S7-200 PLC 中，输出信号有两种类型：继电器输出型和晶体管输出（DC 输出）型，CPU 22×的输出信号类型见表 3-2。

表 3-2　　S7-200 PLC 的输出特性

CPU	类型	电源电压（V）	输出电压（V）	输出点数	每组点数	输出电流（A）
CPU 221	晶体管	DC 24	DC 24	4	4	0.75
	继电器	AC 85～264	DC 24，AC 24～230	4	1/3	2
CPU 222	晶体管	DC 24	DC 24	6	6	0.75
	继电器	AC 85～264	DC 24，AC 24～230	6	3/3	2
CPU 224	晶体管	DC 24	DC 24	10	5/5	0.75
	继电器	AC 85～264	DC 24，AC 24～230	10	4/3/3	2
CPU 226	晶体管	DC 24	DC 24	16	8/8	0.75
	继电器	AC 85～264	DC 24，AC 24～230	16	4/5/7	2

在表 3-2 中，电源电压是 PLC 的工作电压；输出电压是由用户提供的负载工作电压；每组点数是指全部输出端子可以分成几个隔离组，每个隔离组中有几个输出端子，例如：CPU 226 中，4/5/7 表示共有 16 个输出端子分成 3 个隔离组，每个隔离组的输出端子数分别为 4、5、7 个，由于每个隔离组中有一个公共端，所以每个隔离组可以单独施加不同的负载工作电压。如果所有的负载工作电压相同，可将这些工作端连接起来。

2. 输入特性

在 S7-200 PLC 中，对数字量输入信号的电压要求均为 DC 24V，“1”信号为 15～35V，“0”信号为 0～5V，经常光耦合器隔离后进入到 PLC 中，其特性见表 3-3。

表 3-3　　S7-200 PLC 的输入特性

CPU	输入滤波（ms）	中断输入	高速计数器输入	每组点数	电缆长度
CPU 221	0.2～12.8	I0.0～I0.3	I0.0～I0.5	2，4	非屏蔽输入 300m，屏蔽输入 500m，屏蔽中断输入及高速计数器 50m
CPU 222				4，4	
CPU 224				8，6	
CPU 226				13，11	

3. 输入/输出扩展能力

当主机单元模块上的 I/O 点数不够时，除了 CPU221 外，可以通过增加扩展单元模块的方法，对输入/输出点数进行扩展或增加模拟量控制。

在进行 I/O 扩展时，要考虑以下几个因素：

（1）CPU 主机模块所能连接的扩展模块数。

（2）CPU 主机模块的映像寄存器的数量。

（3）CPU 主机模块在 DC 5V 下所能提供的最大扩展电流。

S7-200 PLC 的 CPU 22×系列的扩展能力见表 3-4。

表 3-4　　S7-200 PLC 的扩展能力

CPU	最多扩展模块数	映像寄存器的数量	最大扩展电流（mA）
CPU 221	无	数字量：256；模拟量：无	0
CPU 222	2	数字量：256；模拟量：16 入/16 出	340
CPU 224	7	数字量：256；模拟量：32 入/32 出	660
CPU 226	7	数字量：256；模拟量：32 入/32 出	660

S7-200 PLC CPU 22×系列的扩展模块在 DC 5V 下所消耗的电流见表 3-5。

表 3-5　　S7-200 PLC 的扩展模块的消耗电流

序列	型　号	功　　能	消耗电流（mA）
1	EM221	数字量输入：8 点；晶体管输出	30
2	EM222	数字量输入：8 点；晶体管输出	50
3	EM222	数字量输入：8 点；继电器输出	40
4	EM223	数字量输入：4 点；输出：4 点；晶体管输出	40
5	EM223	数字量输入：4 点；输出：4 点；继电器输出	40
6	EM223	数字量输入：8 点；输出：8 点；晶体管输出	80
7	EM223	数字量输入：8 点；输出：8 点；继电器输出	80
8	EM223	数字量输入：16 点；输出：16 点；晶体管输出	160

续表

序列	型　号	功　　能	消耗电流（mA）
9	EM223	数字量输入：16 点；输出：16 点；继电器输出	150
10	EM231	模拟量输入：4 路，12 位	20
11	EM231	模拟量输入：热电偶，4 路	60
12	EM231	模拟量输入：热电阻，4 路	60
13	EM232	模拟量输出：2 路，12 位	20
14	EM235	模拟量输入：4 路、模拟量输出 1 路，12 位	30
15	EM277	连接 PROFIBUS-DP	150

例如：CPU 224 提供的扩展电流为 600mA，可以有以下几种扩展方案:

（1）4 个 EM233，DI16/DO16 晶体管/继电器模块和 2 个 EM211 DI8 晶体管模块，消耗的电流为（4×150＋2×30）mA=660mA。

（2）4 个 EM233，DI16/DO16 晶体管/继电器模块，1 个 EM211 DO8 晶体管模块，消耗的电流为（4×150＋1×40）mA=640mA。

（3）4 个 EM233，DI16/DO16 晶体管/继电器模块，消耗的电流为 4×160mA=640mA。

4. 快速响应功能

S7-200 PLC 的快速响应功能如下。

（1）脉冲捕捉功能：利用脉冲捕捉功能，使得 PLC 可以使用普通端子捕捉到小于一个 PLC 扫描周期的短脉冲信号。

（2）中断输入：利用中断输入功能，使得 PLC 可以极快的速度对信号的上升沿作出响应。

（3）高速计数器：S7-200 PLC 中有 4～6 个可编程的 30kHz 高速计数器，多个独立的输入端允许进行加减计数，可以连接相位差为 90° 的 U/V 相增量的编程器。

（4）高速脉冲输出：可利用 S7-200 PLC 的高速脉冲输出功能，驱动步进电动机或伺服电动机，实现准确定位。

（5）模拟电位器：模拟电位器的功能可用来改变某些特殊寄存器中的数值，这些特殊寄存器中的参数可以是定时器/计数器的设定值，或是某些过程变量的控制参数。在程序运行时利用模拟电位器，可随时改变这些参数，且不占用 PLC 的输入点。

5. 实时时钟

S7-200 PLC 的实时时钟用于记录机器运转的运行时间，或者对过程进行时间控制，以及对信息加注时间标记。

6. 功能扩展模块

当需要完成某些特殊的控制任务时，CPU 主机可以扩展特殊功能模块。如要求进行 PROFIBUS-DP 现场总线连接时，就需要 EM277PROFIBUS-DP 模块。

7. I/O 点数扩展和编址

CPU22×系列的每种主机所提供的本机 I/O 点的 I/O 地址是固定的，进行扩展时，可以在 CPU 右边连接多个扩展模块，每个扩展模块的组态地址编号取决于各模块的类型和该模块在 I/O 链中所处的位置。编址方法是“按类分别排序”，也即同类型模块算是同组，在本组内编

址排序，其他类型模块的有无以及所处的位置不影响本类型模块的编号。

例如：某一控制系统选用 CPU224，系统所需的输入/输出点数各为：数字量输入 24 点、数字量输出 20 点、模拟量输入 6 点和模拟量输出 2 点。

本系统可有多种不同模块的选取组合，并且各模块在 I/O 链中的位置排列方式也可能有多种，如图 3-2 所示为其中一种模块的连接形式。表 3-6 所列为其对应的各模块的编址情况。

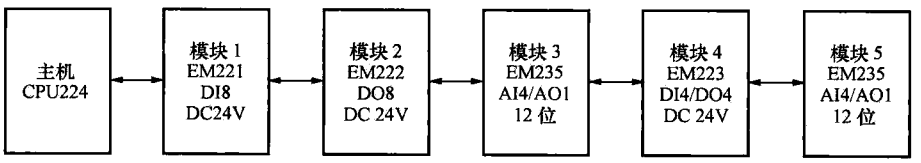


图 3-2　模块连接形式

表 3-6　　各模块的编址情况

主机 I/O	模块 1I/O	模块 2I/O	模块 3I/O	模块 4I/O	模块 5I/O
I0.0　Q0.0	I2.0	Q2.0	AIW0　AQW0	I3.0　Q3.0	AIW8　AQW2
I0.1　Q0.1	I2.1	Q2.1	AIW2	I3.1　Q3.1	AIW10
I0.2　Q0.2	I2.2	Q2.2	AIW4	I3.2　Q3.2	AIW12
I0.3　Q0.3	I2.3	Q2.3	AIW6	I3.3　Q3.3	AIW14
I0.4　Q0.4	I2.4	Q2.4			
I0.5　Q0.5	I2.5	Q2.5			
I0.6　Q0.6	I2.6	Q2.6			
I0.7　Q0.7	I2.7	Q2.7			
I1.0　Q1.0					
I1.1　Q1.1					
I1.2					
I1.3					
I1.4					
I1.5					

由此可见，S7-200 PLC 系统扩展对输入/输出的组态规则为

（1）对同类型输入/输出点的模块进行顺序编址。

（2）对于数字量，输入/输出映像寄存器的单位长度为 8 位（1B），本模块高位实际位数未满 8 位的，未用位不能分配给 I/O 链的后续模块。

（3）对于模拟量，输入/输出以 2B（一个字）的递增方式来分配空间。

三、储存系统

S7 系列 PLC 中 CPU 的储存区组成如图 3-3 所示。各个储存区的功能如下。

1. 系统存储区

系统存储区（CPU 中的 RAM）用于存放操作数据，这些操作数据包括输入映像寄存器

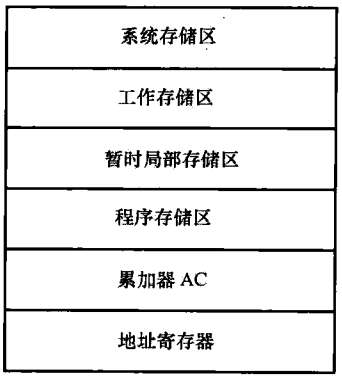


图 3-3 S7 系列 PLC 中 CPU 的存储区结构

存储区的数据、输出映像寄存器存储区的数据、辅助继电器存储区的数据、定时器存储区的数据和计数器存储区的数据。

（1）输入映像寄存器存储区用来存放输入状态值。

（2）输出映像寄存器存储区用来存放经过程序处理的输出数据。

（3）辅助继电器存储区用来存放程序运行的中间结果。

（4）定时器存储区用来存放计时单元。

（5）计数器存储区用来存放计数单元。

2. 工作存储区

工作存储区（CPU 中的 RAM）用来存放 CPU 所执行的程序单元的复制件（逻辑块和数据块），还有为执行块调用指令而安排的暂时的局部变量存储区，该局部变量寄存器在块工作时一直保持，将块中的数据写入 L 堆栈中，数据只在块工作时有效，当调用新块时，L 堆栈重新分配。

3. 程序存储区

程序存储区可分成动态程序存储区（CPU 中的 RAM）和可选的固定程序存储区（EEPROM），用来存放用户程序。

4. 累加器

有 4 个 32 位的累加器（AC0～AC3），用来执行装载、传送、移位、算术运算等操作。

5. 地址寄存器

用来存放寄存器间接寻址的指针。

S7-200 PLC 的存储系统是由 RAM 和 EEPROM 组成的。在 CPU 模块内，配置了一定容量的 RAM 和 EEPROM，S7-200 PLC CPU22×的存储容量见表 3-7。

表 3-7 S7-200 PLC 的存储容量

CPU	用户程序存储区容量（字）	用户数据存储区容量（字）	用户程序存储器类型
CPU221	2048	1024	EEPROM
CPU222	2048	1024	EEPROM
CPU224	4096	2560	EEPROM
CPU226	4096	2560	EEPROM

当 CPU 主机单元模块的存储器容量不够时，可通过增加 EEPROM 存储器卡的方法扩展系统的存储容量。S7-200 PLC 的存储系统如图 3-4 所示。

S7-200 PLC 的程序结构一般由三部分组成：用户程序、数据块和参数块。用户程序是必不可少的，是程序的主体；数据块是用户程序在执行过程中所用到的和生成的数据；参数块是指 CPU 的组态数据。数据块和参数块是程序的可选部分。

存储系统的应用，主要体现在以下几个方面。

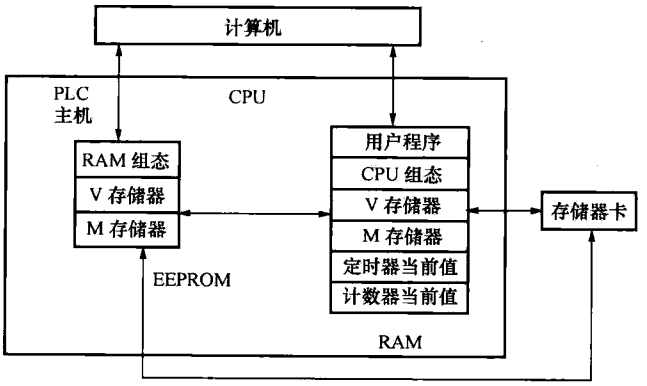


图 3-4　S7-200 PLC 的存储系统

（1）设置保持数据的存储区。为了防止系统运行时突然掉电而导致一些重要数据的丢失，可以在设置 CPU 组态参数时定义要保持数据的存储区。这些存储区包括变量存储器、通用辅助继电器、计数器和 TONR 型定时器。

（2）永久保存数据。通过对 S7-200 PLC 中的特殊标志存储器字节 SMB31 和存储器字 SMW32 的设置，可以实现将存储在 RAM 中变量存储器区任意位置的字节、字、双字数据备份到 EEPROM 存储器。

（3）存储器卡的使用。存储器卡的作用类似于计算机的软盘，可以将 PLC 中 CPU 的组态参数、用户程序和存储在 EEPROM 中的变量存储器永久区的数据进行备份。

四、S7-200 PLC 的工作方式及扫描周期

1. 工作方式

S7-200 PLC 有 3 种工作方式：RUN（运行）、STOP（停止）、TERM（Terminal 终端）工作方式，可通过安装在 PLC 上的方式选择开关进行切换。

（1）STOP 方式。在 STOP 方式下，不能运行用户程序，可以向 CPU 装载用户程序或进行 CPU 的设置。

（2）TERM 方式。在 TERM 方式下，允许使用工业编程软件 STEP7-Micro/WIN32 来控制 CPU 的工作方式。

（3）RUN 方式。在 RUN 方式下，CPU 执行用户程序。

当电源掉电又恢复后，如果方式选择开关在 TERM 或 STOP 状态下，则 CPU 自动进入 STOP 方式。如果方式选择开关在 RUN 状态下，则 CPU 自动进入 RUN 方式。

2. 扫描周期

在 RUN 方式下，系统周期性地循环执行用户程序。在每个扫描周期内，主要完成的任务如图 3-5 所示。

（1）读输入阶段（输入采样阶段）。在输入采样阶段，根据输入量的不同，所做的工作也不同。如果输入量是数字量，则在每个扫描周期的开始，先进行输入采样，将数字量输入点的当前值写到输入映像寄存器中。

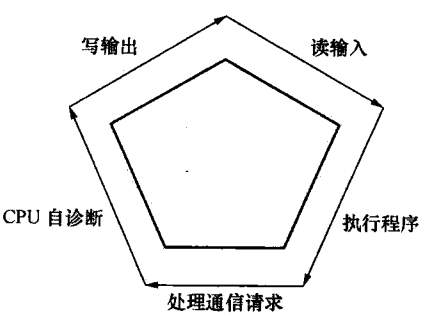


图 3-5　S7-200 PLC 的扫描周期

如果输入量是模拟量，对于输入信号变化较慢的模拟量采用数字滤波，CPU 从模拟量输入模板读取滤波值；对于高速信号，一般不用数字滤波，CPU 直接读取模拟值。对于需要利用模拟量控制字传递报警信息的模块，不能使用模拟量的数字滤波功能，对于 RTD、热电偶及 AS-i 主站模块，禁止进行数字滤波。

（2）程序执行阶段。在程序执行阶段，对于普通的数字量输入和输出，CPU 以循环扫描的工作方式，从用户程序的第一条指令开始，执行到结束指令，完成一个扫描周期，又进入下一个扫描周期，与图 3-5 所示扫描过程是一致的。而对于立即 I/O 指令、模拟量 I/O 指令和中断指令，则与图 3-5 所示描述的扫描过程有所不同。

1）立即 I/O 指令。这是在程序中安排的对输入点的信息立即读取，或对输出点的状态立即刷新的指令，执行该指令时，不受扫描周期的约束。

2）模拟量 I/O 指令。对于不设数字滤波的直接模拟量的输入/输出，其执行方式与立即 I/O 指令基本相同。

3）中断指令。如果在程序中使用了中断指令，则在处理中断事件时，中断子程序与主程序一起被存入存储器，进入 CPU 的扫描周期。中断程序的执行增加了 CPU 的扫描周期，且使扫描周期变得不固定。在编制用户程序时，必须考虑到这一点。

（3）处理通信请求阶段。在处理通信请求阶段，CPU 自动检测来自各个通信端口的通信信息，并对这些信息进行自动处理。

（4）CPU 自诊断阶段。在 CPU 自诊断阶段，CPU 检测主机硬件，同时检查所有 I/O 模块的状态。

（5）写输出阶段（输出刷新阶段）。在输出刷新阶段，CPU 用输出映像寄存器中的数据对输出点进行刷新。

第三节　S7-200 PLC 的内部资源及寻址方式

一、S7-200 PLC 的基本数据类型

在 S7-200 PLC 的编程语言中，大多数指令要同具有一定大小的数据对象一起进行操作。不同的数据对象具有不同的数据类型，不同的数据类型具有不同的数制和格式选择。程序中所用的数据可指定一种数据类型。在指定数据类型时，要确定数据大小和数据位结构。S7-200 PLC 的基本数据类型及范围见表 3-8。

表 3-8　　S7-200 PLC 的基本数据类型及范围

基本数据类型	位　数	说　　明
布尔型（BOOL）	1	位　　范围：0，1
字节型（BYTE）	8	字节　　范围：0～225
字型（WORD）	16	字　　范围：0～65 535
双字型（DWORD）	32	双字　　范围：0～（231–1）
整型（INT）	16	整数　　范围：–32 768～+32 767
双整型（DINT）	32	双字整数　范围：–231～（231–1）
实数型（REAL）	32	IEEE 浮点数

在编程中经常会使用常数。常数数据长度可分为字节、字和双字。在机器内部的数据都以二进制存储，但常数的书写可以用二进制、十进制、十六进制、ASCII 或浮点数（实数）等多种形式。几种常数的表示方法见表 3-9。

表 3-9　　常 数 表 示 方 法

进　制	书写格式	举　　例
十进制	十进制数值	1052
十六进制	16#十六进制值	16#8AC6
二进制	2#二进制值	2#1010_0011_1101_0001
ASCII	'ASCII 码文本'	'Show terminals'
浮点数	ANSI/IEEE754-1985 标准	（整数）+1.175 495E～+3.402 823E+38
		（整数）−1.175 495E～−3.402 823E+38

注　表中的#为常数的进制格式说明符，如果常数无任何格式说明符，则系统默认为十进制数。

二、软元件（编程元件）

1. 软元件（软继电器）

用户使用的 PLC 中的每一个输入/输出、内部存储单元、定时器和计数器都称为软元件。各元件有其不同的功能，有固定的地址。软元件的数量决定了可编程序控制的规模和数据处理能力，每一种 PLC 的软元件是有限的。

软元件是 PLC 内部具有一定功能的器件，这些器件实际上是由电子电路、寄存器及存储器单元等组成的。例如，输入继电器是由输入电路和输入映像寄存器构成；输出继电器是由输出电路和输出映像寄存器构成的；定时器和计数器也都是由特定功能的寄存器构成的。它们都具有继电器特征，但没有机械性的触点。为了把这种元器件与传统电气控制电路中的继电器区别开来，我们把它们称为软元件或软继电器。这些软继电器的最大特点是其触点（包括动合触点和动断触点）可以无限次使用，并且它们的寿命长。

编程时，用户只需要记住软元件的地址即可。每一个软元件都有一个地址与之相对应，软元件的地址编排采用区域+区域号+区域编号的方式，即 PLC 内部根据软元件的功能不同，分成了许多区域，如输入/输出继电器区、定时器区、计数器区、特殊继电器区等，分别用 I、Q、T、C、SM 等来表示。

可编程序控制器在其系统软件的管理下，将用户程序存储器（即装载存储区）划分出若干个区，并将这些区赋予不同的功能，由此组成了各种内部器件，这些内部器件就是 PLC 的编程元件。PLC 的编程元件的种类和数量是因不同厂家、不同系列、不同规格而异的，编程元件的种类及数量越多，其功能就越强。这些编程元件沿用了传统继电器控制电路中继电器的名称，并根据其功能，分别称为输入继电器、输出继电器、辅助继电器、变量继电器、定时器、计数器、数据寄存器等。

说明：在 PLC 内部并不真正存在这些物理器件，与其对应的只是存储器中的某些存储单元。一个继电器对应一个基本单元（即 1 位，1bit），多个继电器将占有多个基本单元；8 个基本单元形成一个 8 位二进制数，通常称为 1 字节（1B），它正好占用普通存储器的一个存

储单元，连续两个存储单元构成一个 16 位二进制数，通常又称为一个字（Word），或一个通道。连续的两个通道还能构成双字（Double Words）。各种编程元件，各自占有一定数量的存储单元。使用这些编程元件，实质上就是对相应的存储内容以位、字节、字（或通道）或双字的形式进行存取。

2. *软元件介绍*

（1）输入继电器（I）。输入继电器就是 PLC 存储系统中的输入映像寄存器。它的作用是接收来自现场的控制按钮、行程开关及各种传感器等的输入信号。通过输入继电器，将 PLC 的存储系统与外部输入端子（输入点）建立起明确对应的连接关系，它的每 1 位对应 1 个数字量输入点。输入继电器的状态是在每个扫描周期的输入采样阶段收到的由现场送来的输入信号的状态（“1”或“0”）。由于 S7-200 PLC 的输入映像寄存器是以字节为单位的寄存器，CPU 一般按字节、位的编址方式来读取相邻一组继电器的状态。前面在介绍 PLC 的等效工作电路时已强调过，不能通过编程的方式改变输入继电器的状态，但可以在编程时，通过使用输入继电器的触点，无限制地使用输入继电器的状态。如没在输入端子上接器件，那这个输入继电器只能空着，不能挪做他用。

（2）输出继电器（Q）。输出继电器就是 PLC 存储系统中的输出映像寄存器。通过输出继电器，将 PLC 的存储系统与外部输出端子（输出点）建立起明确对应的连接关系，S7-200 PLC 的输出映像寄存器是以字节为单位的寄存器，它的每 1 位对应 1 个数字量输出点，一般采用字节、位的编址方式。输出继电器的状态可以由输入继电器的触点、其他内部器件的触点，以及其自身的触点来驱动，即它完全是由编程方式决定其状态。也可以像使用输入继电器触点那样，通过使用输出继电器的触点，无限制地使用输出继电器的状态。输出继电器与其他内部器件的一个显著不同点在于它有一个且仅有一个实实在在的物理动合触点用来接通负载。这个动合触点可以是有触点的（继电器输出型），或者是无触点的（晶体管输出型或双向晶闸管输出型）。没有使用的输出继电器，可以做内部继电器使用，但一般不推荐这种用法，这种用法可能引起误解。

输出继电器 Q 的线圈一般不能直接与梯形图的逻辑母线连接，如果某个线圈确实不需要经过任何编程元件触点的控制，可借助于特殊继电器 SM0.0 的动合触点。

（3）变量寄存器（V）。S7-200 PLC 中大量的变量寄存器，用于模拟量控制、数据运算、参数设置及存放程序执行过程中控制逻辑操作的中间结果。变量寄存器可以位为单位使用，也可按字节、字、双字为单位使用。变量寄存器的数量与 CPU 的型号有关，CPU 222 为 V0.0～V204.7，CPU 224 为 V0.0～V5119.7，CPU 226 为 V0.0～V5119.7。

（4）辅助继电器（M）。在逻辑运算中，经常需要一些辅助继电器，它的功能与传统的继电器控制电路的中间继电器相同。辅助继电器与外部没有任何联系，不可能直接驱动任何负载。每个辅助继电器对应着数据存储区的一个基本单元，它可以由所有编程元件的触点（当然包括它自己的触点）来驱动。它的状态同样可以无限制使用。借助于辅助继电器编程，可使输入输出之间建立复杂的逻辑关系和连锁关系，以满足不同的控制要求。在 S7-200 PLC 中，有时也称辅助继电器为位存储区的内部标志位（Marker），所以辅助继电器一般以位为单位使用，采用字节、位的编程方式，每 1 位相当于 1 个中间继电器，S7-200 PLC 的 CPU 22×系列辅助继电器的数量为 256 个（32B，256 位）。辅助继电器也可以字节、字、双字为单位，

作存储数据用。建议用户存储数据时使用变量寄存器（V）。

（5）特殊继电器（SM）。特殊继电器用来存储系统的状态变量及有关的控制参数和信息。它是用户程序与系统程序之间的界面，用户可以通过特殊寄存器来沟通 PLC 与被控对象之间的信息，PLC 通过特殊继电器为用户提供一些特殊的控制功能和系统信息，用户也可以将对操作的特殊要求通过特殊继电器通知 PLC。例如：可以读取程序运行过程中的设备状态和运算结果信息，利用这些信息实现一定的控制动作。用户也可以通过对某些特殊继电器的直接设置，使设备实现某种功能。

CPU 22×系列 PLC 的特殊继电器是 SM0.0～SM299.7。

对 SMB0：有 8 个状态位。在每个扫描周期的末尾，由 S7-200 PLC 的 CPU 更新这 8 个状态位。因此 8 个 SM 为只读型 SM，这些特殊继电器的功能和状态是由系统软件决定的，与输入继电器一样，不能通过编程方式改变其状态，只能利用这些特殊继电器的功能和状态。

（6）计数器（C）。计数器也是广泛应用的重要编程元件，用来对输入脉冲的个数进行累计，实现计数操作。使用计数器时要事先在程序中给出计数的设定值（也称预设值，即要进行计数的脉冲数）。当满足计数器的触发输入条件时，计数器开始累计计数输入端脉冲前沿的次数，当达到设定值时，计数器动作。CPU 22×系列的 PLC 共有 256 个计数器，其编号为 C0～C255，每个计数器都有一个 16 位的当前寄存器及 1 个状态位 C-bit。

计数器包含两方面的信息，计数器当前值和计数器状态位。

计数器状态位：当计数器的当前值达到设定值时，C-bit 为“ON”。

计数器当前值：在计数器当前值寄存器中存储的当前所累计的脉冲个数，用 16 位符号整数表示。

计数器指令中所存取的是计数器当前值，还是计数器状态位取决于所用的指令，带位操作的指令存取计数器状态位，带字操作的指令存取计数器的当前值。

计数器有递增计数、递减计数和增/减计数 3 种计数方式。递增计数是从 0 开始，累加到设定值，计数器动作。递减计数是从设定值开始，累加到 0，计数器动作。

PLC 计数器的设定值和定时器的设定值一般不仅可以用程序设定，也可以通过 PLC 内部的模拟电位器或 PLC 外界的拨码开关，方便、直观地随时修改。

（7）定时器（T）。定时器是 PLC 的重要编程元件，它的作用与继电器控制电路中的时间继电器基本相似。定时器的设定值通过程序预先输入，当满足定时器的工作条件时，定时器开始计时，定时器的当前值从 0 开始按照一定的时间单位（即定时精度）增加，例如：对于 10ms 定时器，定时器的当前值间隔 10ms 加 1，当定时器的当前值达到其设定值时，定时器动作。

CPU22×系列 PLC 的定时器数量为 256 个，T0～T255。定时器的定时精度分别为 1、10ms 和 100ms，1ms 的定时器有 4 个，10ms 的定时器有 16 个，100ms 的定时器有 236 个。这些定时器的类型可分为接通延时型定时器 TON、断开延时型定时器 TOF、保持型接通延时定时器 TONR 3 种。CPU 22×系列 PLC 定时器的定时精度及编号见表 3-10。

表 3-10　　CPU 22×系列 PLC 定时器的定时精度及编号

定时器类型	定时器精度（ms）	最大当前值（s）	定时器号
TON TOF	1	32.767	T32，T69
	10	327.67	T33～T36，T97～T100
	100	3276.7	T37～T63，T101～T255
TONR	1	32.767	T0，T64
	10	327.67	T1～T4，T65～T68
	100	3276.7	T5～T31，T69～T95

在使用定时器时要注意，不能把一个定时器号同时用作 TON 和 TOF，例如：在一个程序中既有 TON T32，又有 TOF T32。

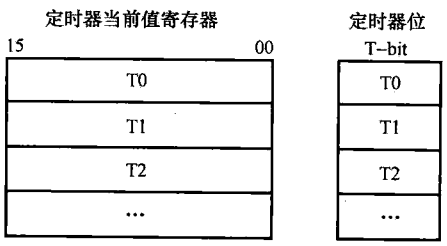


图 3-6　S7-200 PLC 中的定时器

定时器号包含两个方面的信息，定时器当前值和定时器状态位，每个定时器都有个 16 位的当前值寄存器，以及 1 个状态位 T-bit，如图 3-6 所示。

定时器状态位：当定时器的当前值达到设定值时，T-bit 为 ON。

定时器当前值。在定时器当前值寄存器中存储的当前所累计的时间，用 16 位符号整数表示。定时器指令中所存取的是定时器当前值还是定时器状态位，取决于所用的指令，带位操作的指令取决于定时器状态位，带字操作的指令存取定时器的当前值。

（8）高速计数器（HSC）。普通计数器的计数频率受扫描周期的制约，在需要高频计数的情况下，可使用高速计数器。与高速计数器对应的数据只有一个高速计数器的当前值，是一个带符号的 32 位双字型数据。

（9）累加器（AC）。累加器是可像存储器那样使用的读/写设备，是用来暂存数据的寄存器，它可以向子程序传递参数，或从子程序返回参数，也可以用来存放运算数据、中间数据及结果数据。S7-200 PLC 共有 4 个 32 位的累加器：AC0～AC3。使用时只表示出累加器的地址编号（如 AC0）。累加器存取数据的长度取决于所用的指令，它支持字节、字、双字的存取，以字节或字为单位存取累加器时，是访问累加器的 16 位和低 8 位，如图 3-7 所示。

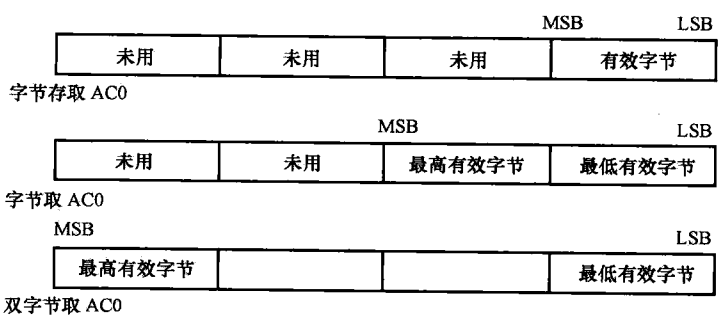


图 3-7　累加器的应用

（10）状态继电器（S，也称为顺序控制继电器）。状态继电器是使用步进控制指令编程时的重要编程元件，用状态继电器和相应的步进控制指令，可以在小型 PLC 上编制较复杂的控制程序。

（11）局部变量存储器（L）。局部变量存储器用于存储局部变量。S7-200 PLC 中有 64 个局部变量存储器，其中 60 个可以用作暂时存储器或者给予程序传递参数。如果用梯形图或功能块图编程，则 STEP 7-Micro/WIN32 保留这些局部变量存储器的最后 4B。如果用语言表编程，则可以寻址到全部 64B，但不要使用最后 4B。

局部变量存储器与存储全局变量的变量寄存器很相似，只要区别是变量寄存器是全局有效的，而局部变量存储器是局部有效的即可。全局是指同一个存储器可以被任何一个程序（主程序、子程序、中断程序）读取，局部是指存储器区和特定的程序相关联。S7-200 PLC 给主程序分配 64 个局部变量存储器。给每级嵌套子程序分配 64B 局部变量存储器，给中断程序分配 64 个局部变量存储器。子程序不能访问分配给主程序、中断程序和其他子程序的局部变量存储器，子程序和中断程序不能访问主程序的局部变量存储器，中断程序也不能访问主程序和子程序的局部变量存储器。

S7-200 PLC 根据需要自动分配局部变量存储器。当执行程序时，不给予程序和中断程序分配局部变量存储器，当出现中断或调用子程序时，才给予程序和中断程序分配局部变量存储器。新的局部变量存储器在分配时可以重新使用，分配给不同子程序或中断程序相同编号的局部变量存储器。

可以按位、字节、字、双字访问局部变量存储器，可以把局部变量存储器作为间接寻址的指针，但是不能作为间接寻址的存储器区。

（12）模拟量输入（AIW）。寄存器/模拟量输出（AQW）寄存器 PLC 处理模拟量的过程是，模拟量信号经 A/D 转换后变成数字量存储在模拟量输入寄存器中，通过 PLC 处理后将要转换成模拟量的数字量输出寄存器，再经 A/D 转换成模拟量输出。即 PLC 对这两种寄存器的处理方式不同，对模拟量输入寄存器只能进行读取操作，而对模拟量输出寄存器只能进行写入操作。

由于 PLC 处理的是数字量，其数据长度是 16 位，因此要以偶数号字节进行编址，从而存取这些数据。

三、CPU 存储区域（软元件）的直接寻址

1. 直接寻址

S7-200 PLC 的存储单元按字节进行编址，无论所寻址的是何种数据类型，通常应指出它所在存储区域的字节地址。每个单元都有唯一的地址，这种直接指出元件名称的寻址方式称为直接寻址。S7-200 PLC 元件名称及直接编址格式见表 3-11。

表 3-11　　S7-200 PLC 元件名称及直接编址格式

元件符号（名称）	所在数据区域	位寻址格式	其他寻址格式
I（输入继电器）	数字量输入映像区	AX.Y	ATX
Q（输出继电器）	数字量输出映像区	AX.Y	ATX
M（通用辅助继电器）	内部存储器区	AX.Y	ATX

续表

元件符号（名称）	所在数据区域	位寻址格式	其他寻址格式
SM（特殊继电器）	特殊存储器区	AX.Y	ATX
S（顺序控制继电器）	顺序控制继电器存储器区	AX.Y	ATX
V（变量存储器）	变量存储器区	AX.Y	ATX
L（局部变量存储器）	局部存储器区	AX.Y	ATX
T（定时器）	定时器存储器区	AX	AX（仅字）
C（计数器）	计数器存储器区	AX	AX（仅字）
AI（模拟量输入映像寄存器）	模拟量输入存储器区	无	AX（仅字）
AQ（模拟量输出映像寄存器）	模拟量输出存储器区	无	AX（仅字）
AC（累加器）	累加器区	无	AX（任意）
HSC（高速计数器）	高速计数器区	无	AX（仅双字）

表 3-11 中：

A：元件名称，即该数据在数据存储器中的区域地址，可以是表 3-11 中的元件符号；

T：数据类型，若为位寻址，则无该项；若为字节、字或双字寻址，则 T 的取值应分别为 B、W 和 D；

X：字节地址；

Y：字节内的位地址，只有位寻址才有该项。

2. 位寻址格式

按位寻址时的格式为 AX.Y，使用时必须指定元件名称、字节地址和位号，如图 3-8 所示是输入继电器（ I ）的位寻址格式举例。

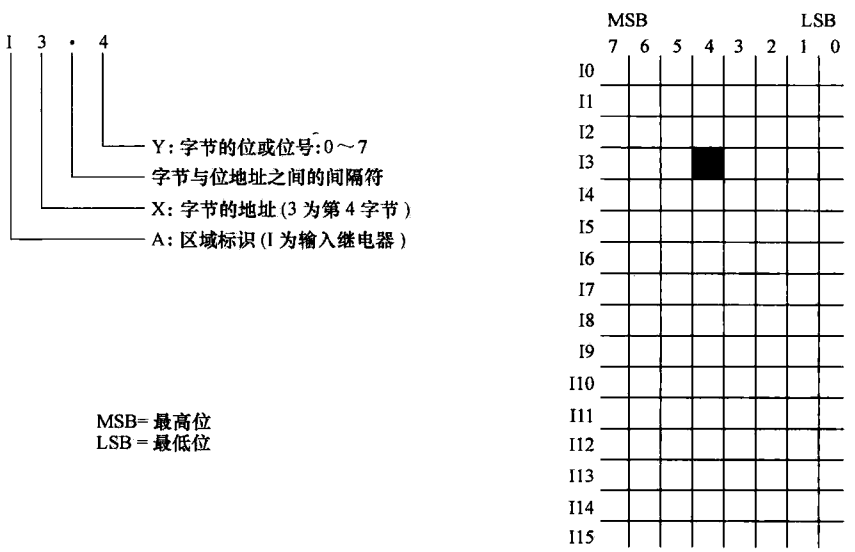


图 3-8　CPU 存储器中位数据表示方法举例（位寻址）

可以进行这种方式位寻址的编程元件有输入继电器（I）、输出继电器（Q）、通用辅助继电器（M）、特殊继电器（SM）、局部变量存储器（L）、变量存储器（V）和顺序控制继电器（S）。

3. 特殊器件的寻址格式

存储区内另有一些元件是具有一定功能的器件，不用指出它们的字节，而是直接写出其编号。这类元件包括定时器（T）、计数器（C）、高速计数器（HSC）和累加器（AC）。其中，T 和 C 的地址编号中均包含两个含义，如 T10，既表示 T10 的定时器位状态信息，又表示该定时器的当前值。

累加器（AC）的数据长度可以是字节、字或双字。使用时只表示出累加器的地址编号，如 AC0，数据长度取决于进出 AC0 的数据类型。

4. 字节、字和双字的寻址格式

对字节、字和双字数据，直接寻址时需指明元件名称、数据类型和存储区域内的首字节地址。如图 3-9 所示是以变量存储器（V）为例分别存取 3 种长度数据的比较。可以用此方式进行寻址的元件有输入继电器（I）、输出继电器（Q）、通用辅助继电器（M）、特殊继电器（SM）、局部变量存储器（L）、变量存储器（V）、顺序控制继电器（S）、模拟量输入映像寄存器（AI）和模拟量输出映像寄存器（AQ）。

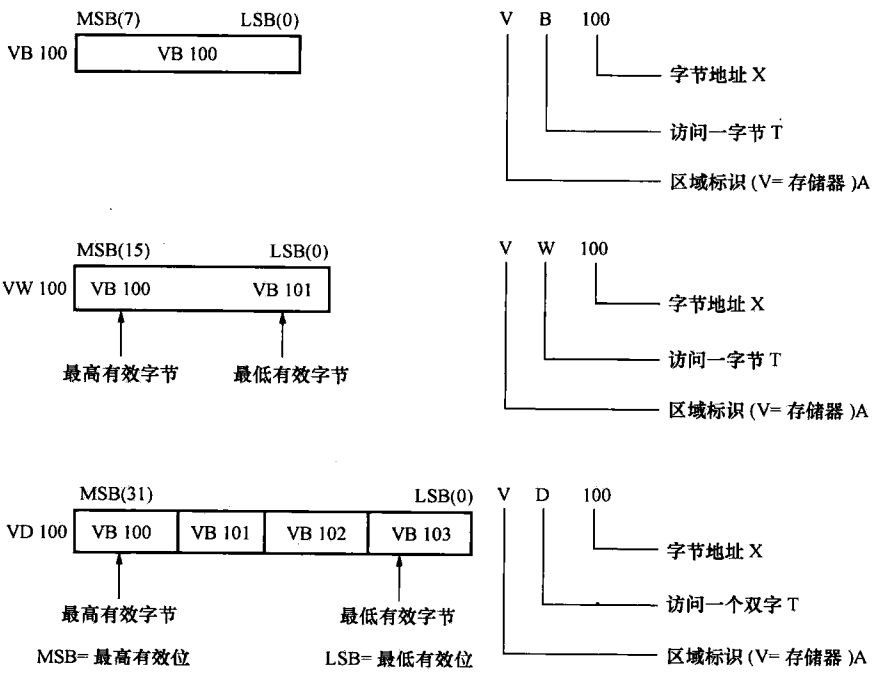


图 3-9　存取 3 种长度数据的比较

四、CPU 存储区域（软元件）的间接寻址

在直接寻址方式中，直接使用存储器或寄存器的元件名称和地址编号，根据这个地址可以立即找到该数据。

间接寻址方式，是指数据存放在存储器或寄存器中，在指令中只出现所需数据所在单元的内存地址的地址。存储单位地址的地址又称为地址指针。这种间接寻址方式与计算机的间接寻址方式相同，间接寻址在处理内存连续地址中的数据时非常方便，而且可以缩短程序所

生成的代码长度，使编程更加灵活。

可以用指针进行间接寻址的存储区有输入继电器（I）、输出继电器（Q）、通用辅助继电器（M）、变量存储器（V）、顺序控制继电器（S）、定时器（T）和计数器（C）。其中，T 和 C 仅仅是当前值可以进行间接寻址，而对独立的位值和模拟量值不能进行间接寻址。

使用间接寻址方式存取数据方法与 C 语言中的指针应用基本相同，其过程如下。

1. 建立指针

使用间接寻址对某个存储器单元读、写时，首先要建立地址指针。指针为双字长，是所要访问的存储单元的 32 位物理地址，可作为指针的存储区有变量存储器（V）、局部变量存储器（L）和累加器（AC1、AC2、AC3）。必须用双字传送指令（MOVD），将所要访问的存储器单元的地址装入用来作为指针的存储器单元或寄存器，装入的是地址而不是数据本身。格式如下。

例：
```
MOVD  &VB100, VD204
MOVD  &VB10, AC2
MOVD  &C2, LD16
```

其中："&"为地址符号，它与单元编号结合使用表示所对应单元的 32 位物理地址：VB100 只是个直接地址编号，并不是它的物理地址。指令中的第二个地址数据长度必须是双字长，如：VD、LD 和 AC 等。

2. 用指针来存取数据

在操作数的前面加"*"表示该操作数为一个指针。如图 3-10 所示，AC1 为指针，用来存放要访问的操作数的地址。在这个例子中，存于 VB200、VB201 中的数据被传送到 AC0 中去。

3. 修改指针

连续存储数据时，可以通过修改指针很容易存取其紧接的数据。简单的数学运算指令，如加法、减法、自增和自减等指令可以用来修改指针。在修改指针时，要记住访问数据的长度：存取字节时，指针加 1；存取字时，指针加 2；存取双字时，指针加 4。图 3-10 说明如何建立指针，如何存取数据及修改指针。

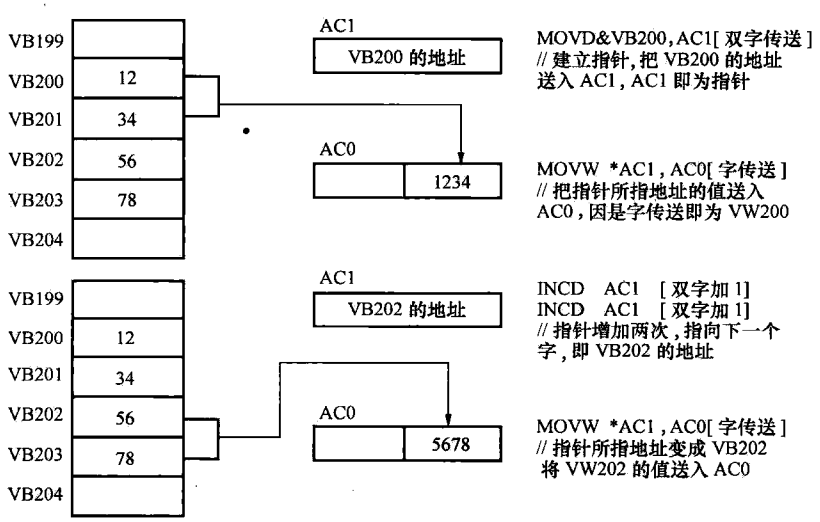


图 3-10　指针的建立、存取及修改

五、软元件及操作数的寻址范围

S7-200 PLC 的 CPU 22×系列编程元件的寻址范围见表 3-12。

表 3-12　　S7-200 PLC 的 CPU 22×系列编程元件的寻址范围

编程元件	CPU 221	CPU 222	CPU 224	CPU 226
用户程序	2KB		4KB	
用户数据	1KB		2.5KB	
输入继电器（I）	I0.0～I15.7			
输出继电器（Q）	Q0.0～Q15.7			
模拟量输入映像寄存器（AIW）	AIW0～AIW30			
模拟量输出映像寄存器（AQW）	AQW0～AQW30			
变量寄存器（V）	VB0.0～VB2047.7		VB0.0～VB5119.7	
局部变量寄存器（L）	LB0.0～LB63.7			
辅助继电器（M）	M0.0～M31.7			
特殊继电器（SM） 只读特殊继电器（SM）	SM0.0～SM299.7 SM0.0～SM29.7			
定时器（T）	T0～T255			
计数器（C）	C0～C255			
高速计数器（HSC）	HC0，HC3，HC4，HC5		HC0～HC5	
状态继电器（S）	S0.0～S31.7			
累加器（AC）	AC0～AC3			
跳转标号	0～255			
调用子程序	0～63			
中断程序	0～127			
PID 回路	0～7			
通信口	0	0	0	0，1

S7-200 PLC 的 CPU 22×系列指令操作数的有效寻址范围见表 3-13。

表 3-13　　S7-200 PLC 的 CPU 22×系列指令操作数的有效寻址范围

操作数类型	CPU 221	CPU 222	CPU 224，CPU 226
位	I0.0～15.7，Q0.0～15.7 M0.0～31.7， S0.0～31.7 SM0.0～179.7，T0～255 V0.0～2047.7，C0～255 L0.0～63.7	I0.0～15.7，Q0.0～15.7 M0.0～31.7，S0.0～31.7 SM0.0～179.7，T0～255 V0.0～2047.7，C0～255 L0.0～63.7	I0.0～15.7，Q0.0～15.7 M0.0～31.7，S0.0～31.7 SM0.0～179.7，T0～255 V0.0～5119.7，C0～255 L0.0～63.7
字节	IB0～15，QB0～15 MB0～31，SM0～179 SB0～31，VB0～2047 LB0～63，AC0～3 常数	IB0～15，QB0～15 MB0～31，SM0～179 SB0～31，VB0～2047 LB0～63，AC0～3 常数	IB0～15，QB0～15 MB0～31，SM0～179 SB0～31，VB0～5119 LB0～63，AC0～3 常数

续表

操作数类型	CPU 221	CPU 222	CPU 224，CPU 226
字	IW0～14，QW0～14 MW0～30，SMW0～178 SW0～30，VW0～2046 LW0～62，AC0～3 T0～255，C0～255 常数	IW0～14，QW0～14 MW0～30，SMW0～178 SW0～30，VW0～2046 LW0～62，AC0～3 T0～255，C0～255 AIW0～30，AQW0～30 常数	IW0～14，QW0～14 MW0～30，SMW0～178 SW0～30，VW0～5118 LW0～62，AC0～3 T0～255，C0～255 AIW0～25，AQW0～30 常数
双字	ID0～12，QD0～12 MD0～28，SMD0～176 SD0～28，VD0～2044 LD0～60，AC0～3 HC0，HC3～5 常数	ID0～12，QD0～12 MD0～28，SMD0～176 SD0～28，VD0～2044 LD0～60，AC0～3 HC0，HC3～5 常数	ID0～12，QD0～12 MD0～28，SMD0～176 SD0～28，VD0～5116 LD0～60，AC0～3 HC0～5 常数

第四节　S7-200 PLC 的编程语言和程序结构

一、S7-200 PLC 的编程语言

与个人计算机相比，PLC 的硬件、软件的体系结构都是封闭的，而不是开放的。各厂家的 PLC 编程语言和指令系统的功能和表达方式也不一致，有的甚至有相当大的差异，因此各厂家的 PLC 互不兼容。IEC 是为了电工电子技术的所有领域制订标准的世界性组织。IEC 于 1994 年 5 月公布了 PLC 标准（IEC 61131），该标准鼓励不同的 PLC 制造商提供在外观和操作上相似的指令。它由以下 5 部分组成：通用信息、设备与检测要求、编程语言、用户指南和通信。其中的第三部分（IEC 61131-3）是 PLC 的编程语言标准。IEC 61131-3 标准使用户在使用新的 PLC 时，可以减少重新培训的时间；对于厂家，使用标准将减少产品开发的时间，可以投入更多的精力去满足用户的特殊要求。

目前，已有越来越多生产 PLC 的厂家提供符合 IEC 61131-3 标准的产品，有的厂家推出的在个人计算机上运行的“软件 PLC”软件包也是按 IEC 61131-3 标准设计的 IEC 61131-3 详细地说明了句法、语义和下列 5 种编程语言的表达方式，如图 3-11 所示。

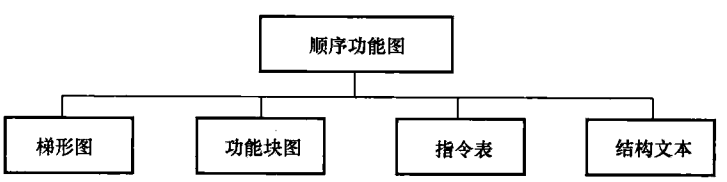


图 3-11　PLC 的编程语言

顺序功能表—Sequential Function Chart，SFC；梯形图—Ladder Diagram，LD；功能块图—Function Block Diagram，FBD；指令表—Instruction List，IL；结构文本—Structured Text，ST。

标准中有两种图形语言——梯形图（LD）和功能块图（FBD），还有两种文字语言——指令表（IL）和结构文本（ST）。可以认为，顺序功能图（SFC）是一种结构块控制程序流程图。

1. 顺序功能图（SFC）

顺序功能图是一种位于其他编程语言之上的图形语言，用来编制顺序控制程序。顺序功能图提供了一种组织程序的图形方法，在顺序功能图中可以用别的语言嵌套编程。步、转换和动作是顺序功能图中的 3 种主要元件。可以用顺序功能图来描述系统的功能，根据它可以很容易地画出梯形图程序。

2. 梯形图（LD）

梯形图是使用得最多的 PLC 图形编程语言。梯形图与继电器控制系统的电路图很相似，具有直观、易懂的优点，很容易被工厂熟悉电气控制的电气人员掌握，特别适用于数字量逻辑控制。有时把梯形图称为电路或程序。

梯形图由触点、线圈和用方框表示的功能块组成。触点代表逻辑输入条件，例如外部的开关、按钮和内部条件等。线圈通常代表逻辑输出结果，用来控制外部的指示灯、交流接触器和内部的输出条件等。功能块用来表示定时器、计数器或者数学运算等附加指令。

在分析梯形图中的逻辑关系时，为了借用继电器电路图的分析方法，可以想象左右两侧垂直“电源线”之间有一个左正右负的直流电源电压（S7-200 PLC 的梯形图中省略了右侧的垂直电源线），当图 3-12 中的 I0.1 与 I0.2 的触点接通，或 M0.3 与 I0.2 的触点接通时，有一个假想的“能流”（Power Flow）流过 Q1.1 的线圈。利用能流这一概念，可以帮助我们更好地理解和分析梯形图，能流只能从左向右流动。

触点和线圈等组成的独立电路称为网络（Network），用编程软件生成梯形图和语句表程序中有网络编号，允许以网络为单位，给梯形图加注释。本书为节约篇幅，一般没有标注网络号。在网络中，程序的逻辑运算按从左到右的方向执行，与能流的方向一致。各网络按从上到下的顺序执行，执行完所有的网络后，返回最上面的网络重新执行。

使用编程软件可以直接生成和编辑梯形图，并将它下载到 PLC。

3. 功能块图

功能块图是一种类似于数字逻辑门电路的编程语言，有数字电路基础的人很容易掌握。该编程语言用类似与门、或门的方框来表示逻辑关系，方框的左侧为逻辑运算的输入变量，右侧为输出变量，输入、输出端的小圆圈表示“非”运算，方框被“导线”连接在一起，信号自左向右流动。图 3-13 中的控制逻辑与图 3-11 中的相同。西门子公司的“LOGO!”系列微型 PLC 使用功能块图语言。除此之外，国内很少有人使用功能块图语言。

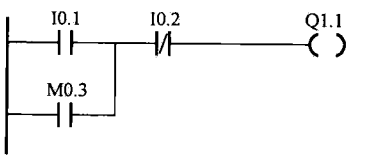


图 3-12　梯形图与语句表

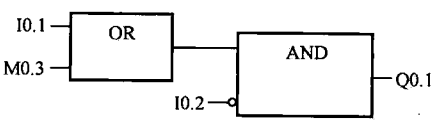


图 3-13　功能块图

4. 语句表（STL）

S7 系列 PLC 将指令表称为语句表。PLC 的指令表是一种与微机的汇编语言中的指令相似的助记符表达式，由指令组成的程序称为指令表程序或语句表程序。

语句表比较适合熟悉 PLC 和逻辑程序设计经验丰富的程序员使用。

5. 结构文本（ST）

结构文本（ST）是为 IEC 61131 3 标准创建的一种专业的高级编程语言，与梯形图相比，它能实现复杂的数学运算，编写的程序非常简洁和紧凑。

6. 编程语言的互相转换和选用

在 S7-200 PLC 的编程软件中，用户可以选用梯形图、功能块图和语言表这 3 种编程语言。语句表不使用网络，但是可以用 Network（网络）这个关键词对程序分段，这样的程序可以转换为梯形图。

语句表程序较难阅读，其中的逻辑关系很难一眼看出，所以在设计复杂的数字量控制程序时一般使用梯形图语言。语句表可以处理某些不能用梯形图处理的问题，梯形图编写的程序一定能转换为语句表。

梯形图程序中输入信号与输出信号之间的逻辑关系一目了然，易于理解，与继电器电路图的表达方式极为相似，设计数字量控制程序时建议选用梯形图语言。语句表输入方便、快捷，梯形图中功能块对应的语句只占一行的位置，还可以为每一条语句加上注释，便于复杂程序的阅读。在设计通信、数字运算等高级应用程序时建议使用语言表语言。

7. SIMATIC 指令集与 IEC 61131-3 指令集

供 S7-200 PLC 使用的 STEP7-Micro/WIN 编程软件提供两种指令集：SIMATIC 指令集与 IEC 61131-3 指令集。前者由西门子公司提供，它的某些指令不是 IEC 61131-3 中的标准指令。通常 SIMATIC 指令的执行时间短，可以使用梯形图、功能块图和语句表语言，而 IEC 61131-3 指令集只提供两种语言。

IEC 61131-3 指令集的指令较少，其中的某些“块”指令可以接受多种数据格式。例如：SIMATIC 指令集的加法指令被分为 ADD_I（整数加）、ADD_DI（双字整数加）、与 ADD_R（实数加）等，IEC 61131-3 的加法指令 ADD 则未做区分，而是通过检验数据格式，由 CPU 自动选择正确的指令。IEC 指令通过检查参数中的数据格式错误还可以减少程序设计中的错误。

在 IEC 61131-3 指令编辑器中，有些是 SIMATIC 指令集中的指令，它们作为 IEC 61131-3 指令集的非标准扩展，在编软件的指令树内用红色的“＋”号标记。

二、程序结构

一个系统的控制功能是由用户程序决定的。为完成特定的控制任务，需要编写用户程序，使得 PLC 能以循环扫描的工作方式执行用户程序。在 SIMATIC S7 系列中，为适应用户程序的不同需求，STEP7 为用户提供了 3 种程序设计方法，其程序结构分别为线性化编程、分部式编程和结构化编程。

1. 程序结构

（1）线性化编程。线性化编程就是将用户程序连续放置在一个指令块内，这个指令块在 SIMATIC 的 PLC 中，通常称为组织块（OBI）。CPU 周期性地扫描 OBI，使用用户程序在 OBI 内顺序执行每条指令。

由于线性化编程将全部指令都放在一个指令块中，它的程序结构具有简单、直接的特点，适合由一个人编写用户程序。S7-200 PLC 就是采用线性化编程的方法。

（2）分部式编程。分部式编程就是将一项控制任务分成若干个指令块，每个指令块用于

控制一套设备或者完成一部分工作。每个指令块的工作内容与其他指令块的工作内容无关，一般没有子程序的调用，这些指令块的运行是通过组织块（OBI）内的指令来调用的。例如，一个分部式程序可能包含以下指令块：

1）用于控制设备每一部分的功能块 FC（如 FC10）；

2）用于控制设备每一工作状态的功能块 FC（如 FC20）；

3）用于控制操作员接口的功能块 FC（如 FC30）；

4）用于处理诊断逻辑的功能块 FC（如 FC40）。

在分部式程序中，既无数据交换也无重复利用的代码，因此分部式程序允许多个设计人员同时编写用户程序，而不会发生内容冲突。分部式编程的程序调用结构如图 3-14 所示。

（3）结构化编程。结构化编程是将整个用户程序分成一些具有独立功能的指令块，其中有若干个子程序块，然后在按照要求调用各个独立的指令块，从而构成一个完整的用户程序。结构化编程的特点：编程简单，结构清晰，可以采用子程序技术使部分程序标准化，调试方便。一般比较大型的控制程序均采用结构化编程。结构化编程的程序调用结构如图 3-15 所示。

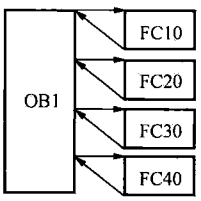


图 3-14　分部式编程的程序调用结构

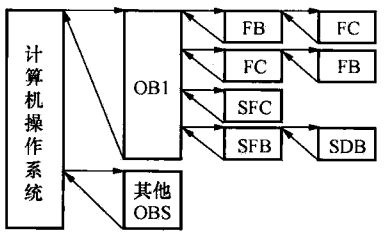


图 3-15　结构化编程的程序调用结构

2. S7-200 PLC 的程序结构

S7-200 PLC 的程序结构属于线性化编程，其用户程序一般由用户程序、数据块和参数块 3 部分构成。

（1）用户程序。一个完整的用户程序一般是由一个主程序、若干子程序和若干个中断处理子程序组成的。对线性化编程，主程序应安排在程序的最前面，其次为子程序和中断程序，如图 3-16 所示。

如果用工业编程软件 STEP7-Micro/WIN32 在计算机上编程，可以用两种方法组织程序结构，一种方法是利用编程软件的程序结构窗口，分别双击主程序、子程序和中断程序的图标，即可进入各个程序块的编程窗口。编译时编程软件自动对各个程序段进行连接。另一种方法是只进入主程序窗口，将主程序、子程序和中断程序按顺序依次安排在主程序窗口。

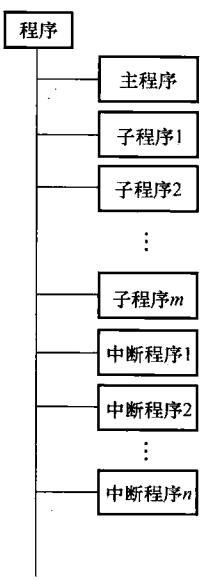


图 3-16　S7-200 PLC 的程序结构

（2）数据块。S7-200 PLC 中的数据块一般为 DB1，主要用来存放用户程序运行所需的数据。在数据块中允许存放的数据类型为布尔型、十进制、二进制、十六进制、字母、数字和字符型。

（3）参数块。在 S7-200 PLC 中，参数块存放的是 CPU 组态数据，如果在编程软件或其

他编程工具上未进行 CPU 的组态，则系统以默认值进行自行配置。

（4）主程序。主程序（OB1）是程序的主体，每一个项目都必须并且只能有一个主程序。在主程序中可以调用子程序和中断程序。

主程序通过指令控制整个应用程序的执行，每次 CPU 扫描都要执行一次主程序。STEP7-Micro/WIN32 的程序编辑器窗口下部的标签用来选择不同的程序。因为各个程序已被分开，各程序结束时不需要加入无条件结束指令或无条件返回指令。

（5）子程序。子程序是一个可选的指令集合，仅在被其他程序调用时执行。同一子程序可以在不同的地方被多次调用，使用子程序可以简化程序代码和减少扫描时间。设计得好的子程序容易移植到别的项目中去。

（6）中断程序。中断程序是指令的一个可选集合，中断程序不是被用户程序调用，它们在中断事件发生时由 PLC 的操作系统调用。中断程序用来处理预先规定的中断事件，因为不能预知何时会出现中断事件，所以不允许中断程序改写可能在其他程序中使用的存储器。

第七章
S7-200 PLC 基本指令与应用指令

在 S7-200 PLC 的指令系统中，可分为基本指令与应用指令。最初把能够取代传统的继电器控制系统的那些指令称为基本指令，而应用指令是指为满足用户不断提出的一些特殊控制要求开发的那些指令，应用指令又称为功能指令，由于 PLC 的功能越来越强，涉及的指令也越来越多，对基本指令所包含的内容也在不断扩充，所以，基本指令与应用指令目前还没有严格的界限与区分。本章将由简到繁介绍一些在实际工程中经常用到的 S7-200 PLC 的指令。

第一节　位 操 作 指 令

PLC 的位操作指令主要实现逻辑控制和顺序控制，完全可以用 S7-200 PLC 的位操作指令代替传统的继电器/接触器控制系统。

一、基本逻辑指令

1. 触点指令

触点及线圈指令是 PLC 中应用最多的指令，触点首先分为动合触点及动断触点，又以其在梯形图中的位置分为和母线相连的动合触点或动断触点、与前边触点串联的动合或动断触点、并联的动合或动断触点。一些型号 PLC 还有边沿脉冲触点指令及取反触点指令。边沿脉冲触点是在满足工作条件时，接触一个扫描周期，取反触点指令是将送入的能流取反后送出。表 3-14 为西门子 S7-200 PLC 的部分触点指令。

表 3-14　　S7-200 PLC 部分触点指令表

指　令			梯形图符号	数据类型	操作数	指令功能
标准触点	动合	LD	Bit	位	I、Q、V、M、SM、S、T、C	将动合触点接到母线上
		A	Bit			动合触点与其他程序段相串联
		O	Bit			动合触点与其他程序段相并联
	动断	LDN	Bit			将动断触点接到母线上

续表

指令			梯形图符号	数据类型	操作数	指令功能
标准触点	动断	AN	Bit	位	I、Q、V、M、SM、S、T、C	动断触点与其他程序段相串联
		ON	Bit			动断触点与其他程序段相并联
取反		NOT	NOT		—	改变能流输入状态
正负跳变	正	EU	P		—	检测到一次正跳变，能流接通一个扫描周期
	负	ED	N		—	检测到一次负跳变，能流接通一个扫描周期

2. 线圈指令

线圈指令用来表达一段程序的运算结果。线圈指令含普通线圈指令、置位及复位线圈指令、立即线圈指令等类型。普通线圈指令在工作条件满足时，将该线圈相关存储器置 1，在工作条件失去后复零，置位线圈指令在相关工作条件满足时将有关线圈置 1，工作条件失去后，这些线圈仍保持置 1，复位需用复位线圈指令。立即线圈指令采用中断方式工作，可以不受扫描周期的影响，将程序运算的结果立即送到输出口，表 3-15 为西门子 S7-200 PLC 的线圈指令。

表 3-15　　S7-200 PLC 的线圈指令表

指令与助记符		梯形图符号	数据类型	操作数	指令功能
输出	=	Bi	位	Q、V、M、SM、S、T、C	将运算结果输出到某个继电器
立即输出	=I	Bit I	位	Q	立即将运算结果输出到某个继电器
置位与复位	S	Bit S N	位 N：BYTE 或常数	位：Q、V、M、SM、S、T、C；N：IB、QB、VB、SMB、SB、LB、AC、MB、常数等	将从指定地址开始 N 个位置位
	R	Bit R N	位 N：BYTE 或常数	位：Q、V、M、SM、S、T、C；N：IB、QB、VB、SMB、SB、LB、AC、MB、常数等	将从指定地址开始 N 个位复位
立即置位与立即复位	SI	Bit SI N	位 N：BYTE 或常数	位：Q N：IB、QB、VB、SMB、SB、LB、AC、MB、常数等	立即将从指定地址开始 N 个位置位
	RI	Bit RI N	位 N：BYTE 或常数	位：Q N：IB、QB、VB、SMB、SB、LB、AC、MB、常数等	立即将从指定地址开始 N 个位复位
SR 触发器	SR	Bit SI SR OUT R	位	Q、V、M、I、S	置位与复位同时为 1 时置位优先

续表

指令与助记符		梯形图符号	数据类型	操作数	指令功能
RS 触发器	RS	Bit SI RS　OUT RI	位	Q、V、M、I、S	置位与复位同时为 1 时置位优先

3. 触点及线圈指令梯形图实例

过去接触过的继电器/接触器控制系统中，控制电动机的启/停往往需要两只按钮，这里利用 PLC 逐行扫描的特点使用一只按钮控制电动机的启/停，实现这个控制目的的方案很多，下面是其中的 3 个方案。1 个例子用了 3 个方案的目的是一方面熟悉周期性扫描的特点，另一方面是说明编程的灵活性。

将启/停的输入信号接按钮的动合触点并连接到输入点 I0.0，通过输出点 Q1.0 连接接触器线圈来控制电动机。操作方法：按一下该按钮，输入的是启动信号，再按一下该按钮，输入的则是停止信号，以此形成单数次时为启动，双数次时为停止，方案 1 如图 3-17 所示。

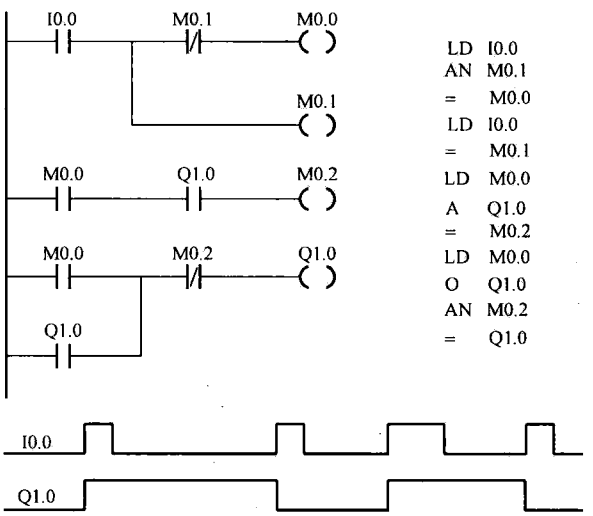


图 3-17　单按钮控制电动机启/停控制方案 1

当第 1 次按下按钮时，在当前扫描周期内，I0.0 使辅助继电器 M0.0，M0.1 为 ON 状态，使 Q1.0 为 ON；到第二个扫描周期，辅助继电器 M0.1 的动断触点为 OFF，使 M0.0 为 OFF，辅助继电器 M0.2 仍为 OFF，M0.2 的动断触点仍为 ON，Q1.0 的自锁触点已起作用，Q1.0 仍为 ON，从此不管经过多少扫描周期，这种状态也不会改变。第一次松开按钮后至第二次按下按钮前，在输入采样阶段读入 I0.0 的状态为 OFF，辅助继电器 M0.0、M0.1、M0.2 均为 OFF 状态，Q1.0 也继续保持 ON 状态。当第二次按下按钮时，在当前扫描周期时，辅助继电器 M0.0、M0.1、M0.2 均为 ON 状态，M0.2 的动断触点为 OFF，使 Q1.0 由 ON 变为 OFF；到下一个扫描周期（假定未松开按钮），M0.1 的动断触点使 M0.0 为 OFF，使 M0.2 为 OFF，Q1.0 不具备吸合条件仍然为 OFF。第 2 次松开按钮后至第 3 次按下按钮前，M0.0、M0.1、M0.2 及 Q1.0 均为 OFF 状态，控制程序恢复为原始状态。所以，当第 3 次按下按钮时，又开始了

启动操作，由此进行启/停电动机。

方案 2 如图 3-18 所示。相对于方案 1 去掉一个中间环节，增加了一个正跳变指令，这个指令的特点就是当处在其前面的触点信号从 OFF 变为 ON 时，在 ON 状态只保留一个扫描周期。当按一下按钮时，I0.0 由 OFF 变为 ON，这时上升沿（正跳变）发出 EU 指令，使 M0.0 在 ON 状态只保留一个扫描周期，在本周期内接下来的扫描是定 M0.1 的状态，因 M0.0 是 ON，而 Q1.0 是 OFF，所以 M0.1 是 OFF。最后是定 Q1.0 的状态，因 M0.0 是 ON，而 M0.1 是 OFF，那 M0.1 的动断触点是 ON，这样使得 Q1.0“得电吸合”成为 ON 状态，接在这一点上的控制电动机的接触器线圈便得电吸合，电动机就可启动起来。在接下来的第二扫描周期，即使按钮还没有松开，I0.0 还处于 ON 状态，由于 P 指令的作用，M0.0 变成了 OFF，也就是说，从第二周期开始 M0.0 总是 OFF 状态了，下面的 M0.1 也不具备得电吸合的条件而始终处于 OFF 状态，Q1.0 仍然是 ON 状态。接下来松开按钮，3 个线圈的状态仍然与第二扫描周期相同，电动机也始终在转动状态。当第二次按下按钮时，就会形成 M0.0 与 M0.1 都是 ON 状态，而 Q1.0 成为 OFF 状态，电动机便停止转动了。从第二次按下按钮的第二扫描周期开始 3 个线圈的状态都变成 OFF 了，恢复为原始状态。在这以后，当第 3 次按下按钮时，又开始了启动操作，由此进行启/停电动机操作。

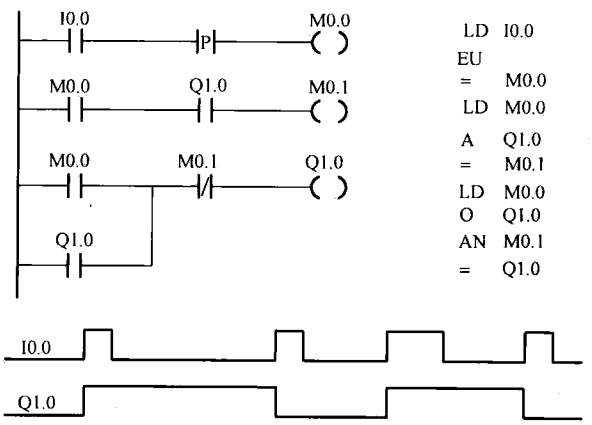


图 3-18　单按钮控制电动机启/停控制方案 2

方案 3 如图 3-19 所示。在这里使用了 RS 触发器及上升沿（正跳变）触发 EU（P）指令，利用 P 指令只在一个扫描周期内呈 ON 的特点以及 RS 触发器在置位与复位同时为 1 时复位信号优先的特点，实现单按钮控制电动机启/停的目的。当第一次按下按钮时，在当前扫描周期，I0.0 成为 ON 状态，RS 触发器的置位端为 1，而复位端由于 Q1.0 处于 OFF 状态使得复位端为 0，所以在第一次按下按钮的第一个扫描周期，Q1.0 就会成为 ON 状态，电动机启动运行。从第二个扫描周期开始，由于 P 指令的作用，RS 触发器的置位与复位端都为 0，Q1.0 继续保持 ON 状态，无论继续按住或松开按钮，这样的状态也不会改变。当第二次按下按钮时，由于 Q1.0 已经是 ON 状态了，所以就会形成触发器的置位端与复位端都为 1 的时刻，这样由于 RS 触发器是复位优先，就会使得 Q1.0 复位，变成 OFF 状态，电动机就停止运行了。同样，这种方案也能形成单数次按下按钮时为启动，双数次时为停止。

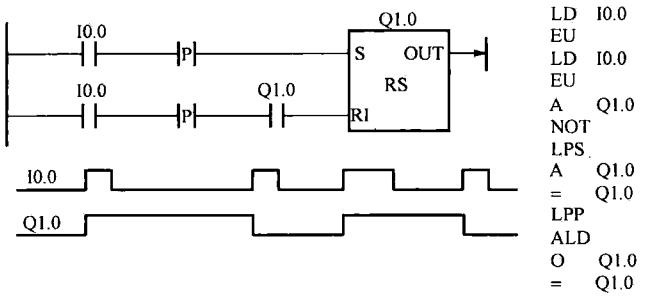


图 3-19　单按钮控制电动机启/停控制方案 3

二、定时器指令

1. 指令

定时器是 PLC 中最常用的器件之一，准确用好定时器对于 PLC 程序设计非常重要。S7-200 PLC 的 CPU 22×系列 PLC 的定时器有 3 种类型：接通延时型 TON；保持型（有记忆的）接通延时型 TONR；断开延时型 TOF。

定时器指令用来规定定时器的功能，表 3-16 为西门子 S7-200 系列 PLC 定时器指令类别表，3 条指令规定了 3 种不同功能的定时器。

表 3-16　　S7-200 PLC 定时器指令类别表

定时器类别	接通延时定时器	保持型接通延时继电器	断开延时定时器
指令的表达形式	Txx IN　TON PT　xxms	Txx IN　TONR PT　xxms	Txx IN　TOF PT　xxms
操作数的类型及范围	Txx：字型；常数 T0～T255，指定定时器号 IN：位型；I、Q、V、M、SM、S、T、C、L、能流，启动定时器 PT：整数型；IW、QW、VW、MW、SMW、T、C、LW、AC、AIW、*VD、*LD、*AC、常数，设定值输入端		

注　带“*”的存储单元具有变址功能。

西门子 S7-200 系列定时器使用的基本要素如下。

（1）编号、类型及精度。S7-200 系列 PLC 配置了 256 个定时器，编号为 T0～T255。定时器有 1、10、100ms 三种精度，1ms 的定时器有 4 个，10ms 的定时器有 16 个，100ms 的定时器有 236 个。编号和类型与精度有关，例如编号是 T2 的精度是 10ms，类型为有记忆的接通延时型。选用前应先查表 3-17 以确定合适的编号，从表中可知，有记忆的定时器均为接通延时型，无记忆的定时器可通过指令指定为接通延时或断开延时型，使用时还须注意，在一个程序中不能把一个定时器同时用做不同的类型，如既有 TON37，又有 TOF37。

表 3-17　　S7-200 PLC 定时器的精度及编号

定时器类别	定时器精度（ms）	最大当前值（s）	定时器编号
TONR （有记忆）	1	32.767	T0，T64
	10	327.67	T1～T4，T65～T68
	100	3276.7	T5～T31，T69～T95

续表

定时器类别	定时器精度（ms）	最大当前值（s）	定时器编号
TON、TOF（无记忆）	1	32.767	T32，T96
	10	327.67	T33～T36，T97～T100
	100	3276.7	T37～T63，T101～T255

（2）预置值（也称设定值）。预置值即编程时设定的延时时间的长短，PLC 定时器采用时基计数及与预置值比较的方式确定延时时间是否达到，时基计数值称为当前值，存储在当前值寄存器中，预置值在使用梯形图编程时，标在定时器功能框的 PT 端。

（3）工作条件。工作条件也称使能输入，从梯形图的角度看，定时器功能框中 IN 端连接的是定时器的工作条件。对于接通延时型定时器来说，有能流流到 IN 端时开始计时；对于断开延时型定时器来说，能流从有变到无时开始计时；对于无记忆的定时器来说，工作条件失去，如接通延时型定时器能流从有变到无时，无论定时器计时是否为单刀预置值，定时器均复位，前边的计时值清零；对于有记忆定时器来说，可累计分段的计时时间，这种定时器的复位就得靠复位指令了。

（4）工作对象。工作对象，是指定时时间到时，利用定时器的触点控制的元器件或工作过程。S7-200 系列 PLC 定时器的工作过程可以描述如下。

接通延时定时器和有记忆的接通延时定时器在 IN 端接通，定时器的当前值大于等于 PT 端的预置值，该定时器位被置位。当达到预设时间后，接通延时定时器和有记忆的接通延时定时器继续计时，后者的当前值可以分段累加，一直到最大值 32 767。

断开延时定时器在使能输入“IN”接通时，定时器位立即接通，并把当前值设为 0，当“IN”端断开时启动计时，达到预设值 PT 时，定时器位断开，并且停止当前值计数。当 IN 端断开的时间短于预置值时，定时器位保持接通。

（5）S7-200 定时器的刷新方式 S7-200 PLC 的定时器有 3 种不同的定时精度，即每种定时精度对应不同的时基脉冲。定时器计时的过程就是数时基脉冲的过程。然而，这 3 种不同定时精度的定时器的刷新方式是不同的，要正确使用定时器，首先要知道定时器的刷新方式，保证定时器在每个扫描周期都能刷新 1 次，并能执行 1 次定时器指令。

1）1ms 定时器的刷新方式。1ms 定时器采用中断刷新的方式，系统每隔 1ms 刷新 1 次，与扫描周期即程序处理无关。当扫描周期较长时，1ms 的定时器在 1 个扫描周期内将多次被刷新，其当前值在每个扫描周期内可能不一致。

2）10ms 定时器的刷新方式。10ms 的定时器由系统在每个扫描周期开始时自动刷新，在每次程序处理阶段，定时器位和当前值在整个扫描周期过程中不变。在每个扫描周期开始时将一个扫描周期累计的时间加到定时器当前值上，例：扫描周期是 30ms 的程序，这个定时器在 IN 端接通有效到本周期结束用时 18ms，下个周期整个扫描过程中的当前值都是 18ms，再下个周期就是 48ms、78ms，假设定时器的预设值是 70ms，在这个周期，定时器的位就可起作用了，实际计时超过 70ms。

3）100ms 定时器的刷新方式。100ms 的定时器是在该定时器指令执行时被刷新。为了使

定时器正确地定时，要确保每个扫描周期都能执行一次 100ms 定时器指令，程序的长短会影响定时的准确性。

4）正确使用定时器。在 PLC 的应用中，经常使用具有自复位功能的定时器，即利用定时器自己的动断触点去控制自己的线圈。在 S7-200 PLC 中，要使用具有自复位功能的定时器，必须考虑定时器的刷新方式。

图 3-20（a）中，T96 是 1ms 的定时器，只有正好在程序扫描到 T96 但动断触点到 T96 的动合触点之间当前值等于预置值时被刷新，进行状态位的转换，使 T96 的动合触点为 ON，从而使 M0.0 能在一个扫描周期呈 ON 状态，否则 M0.0 将总是呈 OFF 状态，正确解决这个问题的方法是采用图 3-20（b）的编程方式。

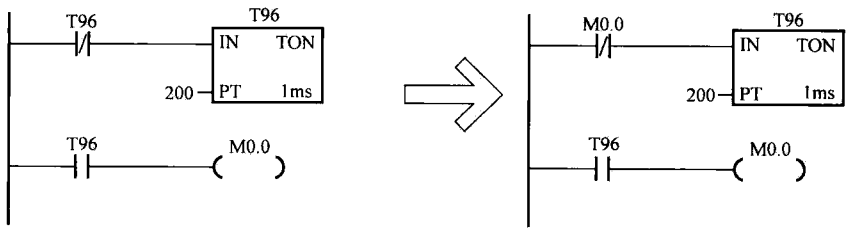


图 3-20　1ms 定时器的正确使用

（a）错误用法；（b）正确用法

图 3-21（a）中，T33 是 10ms 的定时器，而 10ms 的定时器是在扫描周期开始时被刷新的，由于 T33 的动断触点和动合触点的相互矛盾状态，使得 M0.0 永远为 OFF 状态。确定解决这个问题的方法是采用图 3-21（b）的编程方式。

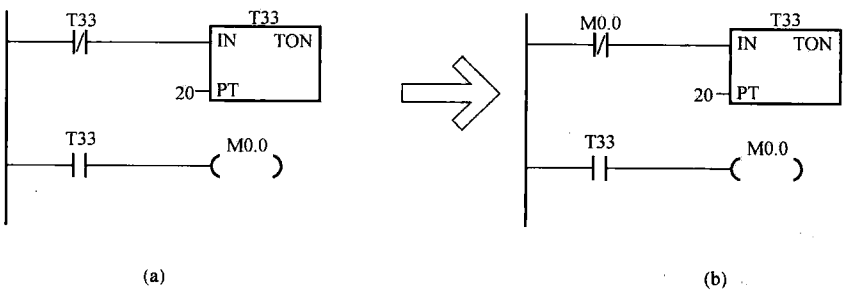


图 3-21　10ms 定时器的正确使用

对于 100ms 的定时器，推荐采用图 3-22（b）的编程方式。

2. 定时器应用举例

用定时器设计输出脉冲的周期和占空比可调的振荡电路（即闪烁电路）。

图 3-23 中，在 I0.0 处于 OFF 状态时，T37 与 T38 也都处于 OFF 状态。当 I0.0 处于 ON 状态后，T37 的 IN 输入端为 1 状态，T37 开始定时，3s 后定时时间到，T37 的动合触点接通，使 Q1.0 变为 ON，同时 T38 开始定时。5s 定时时间到，它的动断触点断开，使 T37 的 IN 输入端变为 0 状态，T37 的动合触点断开，使 Q1.0 变为 OFF，同时 T38 因为 IN 输入端变为 0

状态而被复位。复位后其动断触点又接通，T37 又开始计时，往后 Q1.0 的线圈就这样周期性地“通电”与“断电”，直到 I0.0 变为 OFF，Q1.0 线圈“通电”与“断电”的时间分别等于 T38 与 T37 的预置值。闪烁电路实际上是一个具有正反馈的振荡电路，T37 与 T38 的输出信号通过它们的触点分别控制对方的线圈，形成了正反馈。另外，特殊继电器 SM0.5 是以触点形式供我们使用的，它可提供周期为 1s，占空比为 0.5 的脉冲信号，此脉冲信号是不可调的，利用它也可以驱动需要闪烁的指示灯。

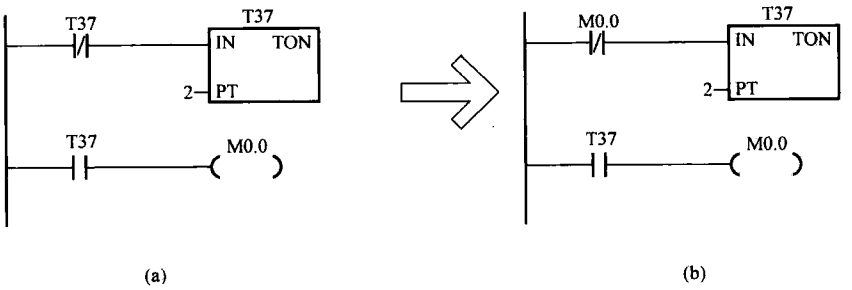


图 3-22　100ms 定时器的正确使用

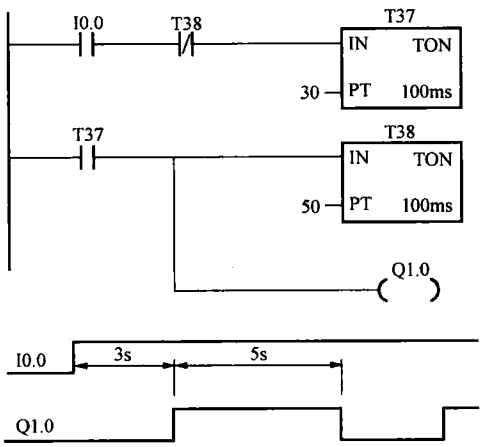


图 3-23　振荡电路梯形图及时序图

三、计数器指令

S7-200 PLC 的普通计数器有递增计数器 CTU、递减计数器 CTD 和增/减计数器 CTUD 3 种类型，共计 256 个，编号为 C0～C255。可根据实际编程需要，对某个计数器的类型进行定义。不能重复使用同一个计数器的线圈编号，即每个计数器的线圈编号都只能使用 1 次。每个计数器有一个 16 位的当前值寄存器和一个状态位，最大计数值为 32 767。计数器设定值 PV 的数据类型为整数型 INT，寻址范围为 VW，IW，QW，MW，SW，SMW，LW，AIW，T，C，AC，*VD，*AC，*LD 及常数。

计数器用来累计输入脉冲的次数，在实际应用中用来对产品进行计数或完成复杂的逻辑控制任务。计数器的使用和定时器基本相似，编程时各输入端都应有位控制信号，计数器累计它的脉冲输入端信号上升沿的个数。依据设定值及计数器类型决定动作时刻，以便完成计数控制任务。

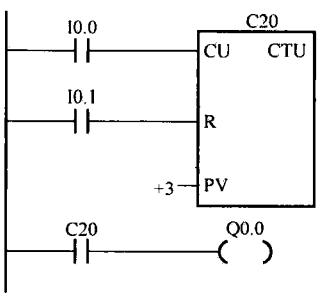
计数器指令的 LAD 和 STL 格式见表 3-18。

表 3-18　　计数器的指令格式

格式	名称		
	增计数	增/减计数	减计数
LAD	CTU CU CTU R PV	CTUD CU CTUD CD R PV	CTD CD CTD LD PV
STL	CTU C***, PV	CTUD C***, PV	CTD C***, PV

1. 增计数器 CTU（Count Up）

在梯形图中，增计数器以功能框的形式编程，指令名称为 CTU，见表 3-18，它有 CU、R 和 PV 3 个输入端。当复位输入端（R）电路断开，如图 3-24 所示，加计数脉冲输入端（CU）电路由断开变为接通（即 CU 信号的上升沿），计数器计数 1 次，当前值增加 1 个单位，PV 为设定值输入端，当前值达到设定值时，计数器动作，计数器位 ON，当前值可继续计数到 32 767 后停止计数。当复位输入端（R）为 ON 或对计数器执行复位指令，计数器自动复位，计数器位为 OFF，当前值为零。



(a)

```
LD   I0.0
LD   I0.1
CTU  C20,+3
LD   C20
=    Q0.0
```

(b)

图 3-24　增计数器

（a）梯形图；（b）语句表

2. 增/减计数器 CTUD

在梯形图中，增/减计数器（Count Up/Down）以功能框的形式编程，指令名称为 CTUD，见表 3-18，CTUD 有 4 个输入端：CU 输入端用于递增计数，CD 输入端用于递减计数，R 输入端用于复位，PV 为设定值输入端。CU 输入的每个上升沿，计数器当前值加 1；CD 输入的每个上升沿，都使计数器当前值减 1，当前值达到设定值时，计数器动作，其状态位为 ON。若复位输入端 R 为 ON，或使用复位指令 R，都可使计数器复位状态位变为 OFF，并使当前值清 0。

增/减计数器当前值计数到 32 767（最大值）后，下一个 CU 输入的上升沿将使当前值跳变为最小值（-32 767）；当前值达到最小值-32 767 后，下一个 CD 输入的上升沿将使当前值跳变为最大值 32 767。如图 3-25 所示为增/减计数器的用法。

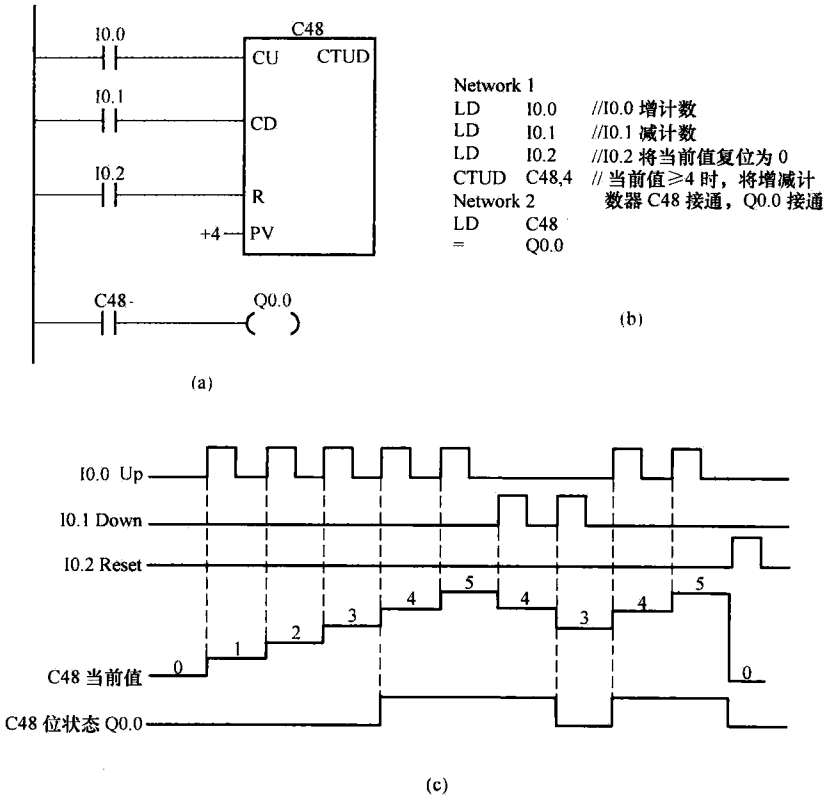


图 3-25　增/减计数器

（a）梯形图；（b）语句表；（c）时序表

3. 减计数器 CTD

在梯形图中，减计数器（Count Down）以功能框的形式编程，指令名称为 CTD，见表 3-18，它有 CD、LD 和 PV 3 个输入端。当复位输入端（LD）电路断开（见图 3-26），减计数脉冲输入端（CD）电路由断开变为接通（即 CD 信号的上升沿），计数器计数 1 次，当前值减去 1 个单位，PV 为设定值输入端，当前值减到 0 时，计数器动作，计数器位 ON，计数器的当前值保持为 0。当复位输入端（LD）为 ON 或对计数器执行复位指令，计数器自动复位，即计数器位为 OFF，当前值为设定值。

4. 计数器计数次数的串级组合

PLC 单个计数器的计数次数是一定的，或者说是有限的。在 S7-200 PLC 中，单个计数器的最大计数范围是 32 767，当所需计数的次数超过这个最大值时，可通过计数器串级组合的方法来扩大计数器的计数范围。

例如：某产品的生产个数达到 50 万个时，将有一个输出动作，假设 I0.0 为计数开关，I0.1 为清零开关，Q0.0 为 50 万个时的输出位，梯形图程序如图 3-27 所示，50 万个数用一个计数器是实现不了的，这里使用了两个，C1 的设定值是 25 000，C2 的设定值是 20，当达到 C2 的设定值时，I0.0 的计数次数已达到 25 000×20=500 000 次。

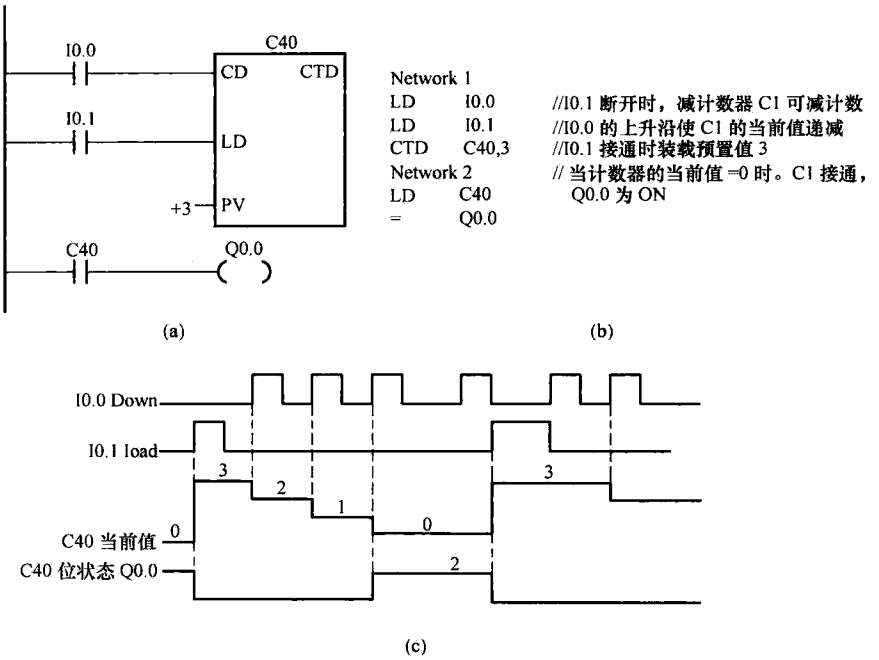


图 3-26　减计数器

（a）梯形图；（b）语句表；（c）时序图

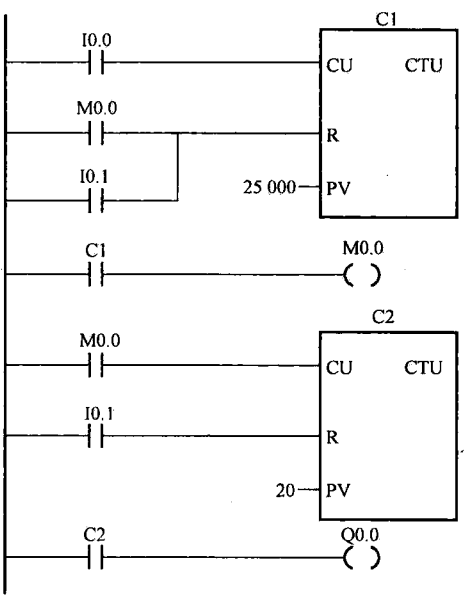


图 3-27　两个计数器串级组合的梯形图

四、比较指令

比较指令用于两个相同数据类型的有符号数或无符号数 IN1 和 IN2 的比较判断操作。

比较运算符有等于（=）、大于等于（>=）、小于等于（<=）、大于（>）、小于（<）、不等于（<>），共 6 种比较形式。

在梯形图中，比较指令是以动合触点的形式编程的，在动合触点的中间注明比较参数和比较运算符。触点中间的参数 B、I、D、R 分别表示字节、整数、双字、实数，当比较的结果满足比较关系式给出的条件时，该动合触点闭合。梯形图及语句表中比较指令的基础格式如图 3-28 所示，左为梯形图，右为语句表，图中第一段程序行中有两条比较指令，第一条是计数器 C5 与整数 3 比较，如 C5 中的计数值与 3 相等，该动合触点将闭合为 ON 状态。指令中的 C5 即是操作数 IN1，3 即是操作数 IN2，触点中间的参数 I 表示与整数比较，运算符是“=”号，说明 IN1 与 IN2 如相等，此触点就为 ON 状态了。后面的第二条是 MB10 与 6 相比较，这条的比较参数是 B，也就是说，这是一条字节比较指令，意思是当字节 MB10 中的数据大于等于 6 时条件满足，此触点为 ON 状态，那么当两条指令的条件都满足时线圈 Q0.0 也就为 ON 状态了。第二段程序行中是一条双字节比较指令，这里的操作数 IN1 是 0 号高速计数器 HC0，操作数 IN2 是 HC0 的设定值存放地址 SMD42，当两者相等时线圈 Q0.1 为 ON 状态。从这里可以看出，操作数 IN1、操作数 IN2 与比较参数都是统一对应的，不可错用。表 3-19 列出了比较指令操作数 IN1 与 IN2 的寻址范围。

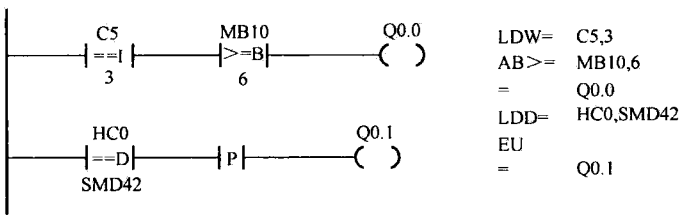


图 3-28　比较指令在梯形图中的基本格式

表 3-19　　比较指令操作数 IN1 与 IN2 的寻址范围

操作数		寻　址　范　围
IN1 IN2	字节	VB，IB，QB，MB，SB，SMB，AC，*VD，*AC，*LD 和常数
	整数	VW，IW，QW，MW，SW，SMW，LW，AIW，T，C，AC* VD，*AC，*LD 和常数
	双字	VD，ID，QD，MD，SD，SMD，LD，HC，AC，*VD，*AC，*LD 和常数
	实数	VD，ID，QD，MD，SD，SMD，LD，AC，*VD，*AC，*LD 和常数

字节比较指令用于两个无符号的整数字节 IN1 和 IN2 的比较；整数比较指令用于两个有符号的一个字长的整数 IN1 和 IN2 的比较，整数范围为十六进制的 8000～7FFF，在 S7-200 PLC 中，用 16#8000～16#7FFF 表示；双字节整数比较指令用于两个有符号的双字长整数 IN1 和 IN2 的比较。双字整数的范围为 16#80000000～16#7FFFFFFF；实数比较指令用于两个有符号的双字长实数 IN1 和 IN2 的比较，正实数的范围为+1.175 495E−38～+3.402 823E+38，负实数的范围为−1.175 495E-38～−3.402 823E+38。

图 3-29 是一个比较指令使用较多的程序段，从中可以看出：计数器 C10 中的当前值大于等于 20 时，Q0.0 为 ON；VD100 中的实数小于 36.8 且 I0.0 为 ON 时，Q0.1 为 ON，MB1 中的值不等于 MB2 中的值或者高速计数器 HC1 的计数值大于等于 4000 时，Q0.2 为 ON。

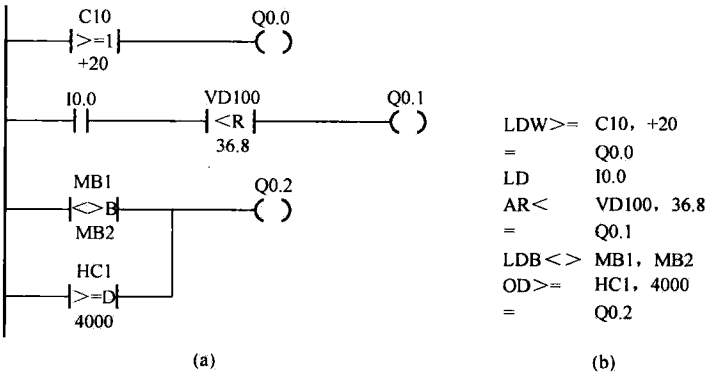


图 3-29　比较指令使用举例

（a）梯形图；（b）语句表

第二节　数据处理指令

一、传送类指令

传送类指令用于在各个编程原件之间进行数据传送。根据每次传送数据的数量，可分为单个传送指令和块传送指令。

1. 单个传送指令 MOVB，MOVW，MOVD，MOVR

单个传送指令每次传送 1 个数据，传送数据的类型分为字节传送、字传送、双字传送和实数传送。表 3-20 列出了单个传送类指令的类别。影响允许输出 ENO 正常工作的出错条件是：SM4.3（运行时间），0006（间接寻址）。IN 和 OUT 的寻址范围见表 3-21。

表 3-20　　单个传送类指令表

指令名称	梯形图符号	助记符	指　令　功　能
字节传送 MOV_B	MOV_B EN ENO IN OUT	MOVB IN，OUT	以功能框的形式编程，当允许输入 EN 有效时，将 1 个无符号的单字节数据 IN 传递到 OUT 中
字传送 MOV_W	MOV_W EN ENO IN OUT	MOVW IN，OUT	以功能框的形式编程，当允许输入 EN 有效时，将 1 个无符号的单字长数据 IN 传递到 OUT 中
双字传送 MOV_DW	MOV_DW EN ENO IN OUT	MOVD IN，OUT	以功能框的形式编程，当允许输入 EN 有效时，将 1 个有符号的双字长数据 IN 传递到 OUT 中
实数传送 MOV_R	MOV_R EN ENO IN OUT	MOVR IN，OUT	以功能框的形式编程，当允许输入 EN 有效时，将 1 个有符号的双字长实数数据 IN 传递到 OUT 中

表 3-21　　传送指令中 IN 和 OUT 的寻址范围

传送	操作数	类型	寻 址 范 围
字节	IN	BYTE	VB，IB，QB，MB，SMB，LB，SB，AC，*VD，*AC，*LD 和常数
	OUT	BYTE	VB，IB，QB，MB，SMB，LB，SB，AC，*VD，*AC，*LD
字	IN	WORD	VW，IW，QW，MW，SMW，LW，SW，AC* VD，* AC，* LD，T，C 和常数
	OUT	WORD	VW，IW，QW，MW，SMW，LW，SW，AC* VD，*AC，*LD，T，C
双字	IN	DWORD	VD，ID，QD，MD，SMD，LD，AC，HC，*VD，*AC，*LD 和常数
	OUT	DWORD	VD，ID，QD，MD，SMD，LD，AC，*VD，*AC，*LD
实数	IN	REAL	VD，ID，QD，MD，SMD，LD，AC，HC，*VD，*AC，*LD 和常数
	OUT	REAL	VD，ID，QD，MD，SMD，LD，AC，*VD，*AC，*LD

2. 块传送指令 BMB，BMW，BMD

块传送指令用来进行一次传送多个数据，将最多可达 255 个的数据组成 1 个数据块，数据块的类型可以是字节块、字块和双字块。表 3-22 列出了块传送类指令的类别。影响允许输出 ENO 正常工作的出错条件是：SM4.3（运行时间），0006（间接寻址），0091（操作数超界）。块传送指令的 IN，N，OUT 的寻址范围见表 3-23。

表 3-22　　块传送类指令表

指令名称	梯形图符号	助记符	指 令 功 能
字节块传送 BLKMOV_B	BLKMOV_B EN　ENO IN　OUT N	BMB IN， OUT，N	当允许输入 EN 有效时，将从输入字节 IN 开始的 *N* 个字节型数据传送到从 OUT 开始的 *N* 个字节存储单元中，功能框形式编程
字块传送 BLKMOV_W	BLKMOV_W EN　ENO IN　OUT N	BMW IN， OUT，N	当允许输入 EN 有效时，将从输入字 IN 开始的 *N* 个字型数据传送到从 OUT 开始的 *N* 个字存储单元中，功能框形式编程
双字块传送 BLKMOV_DW	BLKMOV_D EN　ENO IN　OUT N	BMD IN， OUT，N	当允许输入 EN 有效时，将从输入双字 IN 开始的 *N* 个双字型数据传送到从 OUT 开始的 *N* 个双字存储单元中，功能框形式编程

表 3-23　　块传送指令的 IN，N，OUT 的寻址范围

传送	操作数	类型	寻 址 范 围
字节	IN、OUT	BYTE	VB，IB，QB，MB，SMB，LB，HC，AC，*VD，*AC，*LD
	N	BYTE	VB，IB，QB，MB，SMB，LB，AC，*VD，*AC，*LD
字	IN、OUT	WORD	VW，IW，QW，MW，SMW，LW，AIW，AC，AQW，HC，C，T，*VD，*AC，*LD

续表

传送	操作数	类型	寻 址 范 围
字	N	BYTE	VB，IB，QB，MB，SMB，LB，AC，*VD，*AC，*LD
双字	IN、OUT	DWORD	VD，ID，QD，MD，SMD，LD，SD，AC，HC，*VD，*AC，*LD
	N	BYTE	VB，IB，QB，MB，SMB，LB，AC，*VD，*AC，*LD 和常数

二、移位指令

1. 左移和右移指令

移位指令在 PLC 控制中是比较常用的，根据移位的数据长度可分为字节型移位、字型移位和双子型移位；根据一定的方向可分为左移和右移，还可进行循环移动。指令有右移位指令、左移位指令、循环右移位指令、循环左移位指令。

移位指令的类别见表 3-24，左移或右移指令的特点如下。

（1）被移位的数据是无符号的。

（2）在移位时，存放被移位数据的编程元件的移出端与特殊继电器 SM1.1 连接，移出位进入 SM1.1（溢出），另一端自动补 0。

（3）移位次数 N 与移位数据的长度有关，如 N 小于实际的数据长度，则执行 N 次移位。如 N 大于数据长度，则执行移位的次数等于实际数据长度的位数。

表 3-24　　移 位 指 令 表

指令名称	梯形图符号	助记符	指 令 功 能
字节左移 SHL_B	SHL_B EN　ENO IN　OUT N	SLB OUT，N	以功能框的形式编程，当允许输入 EN 有效时，将字节型输入数据 IN 左移 N 位（N≤8）后，送到 OUT 指定的字节存储单元
字节右移 SHR_B	SHR_B EN　ENO IN　OUT N	SRB OUT，N	以功能框的形式编程，当允许输入 EN 有效时，将字节型输入数据 IN 右移 N 位（N≤8）后，送到 OUT 指定的字节存储单元中
字左移 SHL_W	SHL_B EN　ENO IN　OUT N	SLW OUT，N	以功能框的形式编程，当允许输入 EN 有效时，将字型输入数据 IN 左移 N 位（N≤16）后，送到 OUT 指定的字存储单元中
字右移 SHR_W	SHR_W EN　ENO IN　OUT N	SRW OUT，N	以功能框的形式编程，当允许输入 EN 有效时，将字型输入数据 IN 右移 N 位（N≤16）后，送到 OUT 指定的字存储单元中
双字左移 SHL_DW	SHL_DW EN　ENO IN　OUT N	SLD OUT，N	以功能框的形式编程，当允许输入 EN 有效时，将双字型输入数据 IN 左移 N 位（N≤32）后，送到 OUT 指定的双字存储单元中

续表

指令名称	梯形图符号	助记符	指 令 功 能
双字右移 SHR_DW	SHR_DW EN ENO IN OUT N	SRD OUT，N	以功能框的形式编程，当允许输入 EN 有效时，将双字型输入数据 IN 右移 N 位（N≤32）后，送到 OUT 指定的双字存储单元中

（4）移位次数 N 为字节型数据。

影响允许输出 ENO 正常工作的出错条件：SM4.3（运行时间），0006（间接寻址）。

2. *循环左移和循环右移指令*

循环移位的特点如下：

（1）被移位时的数据是无符号的。

（2）在移位时，存放被移位数据的编程元件的移出端既与另一端连接，又与特殊继电器 SM1.1 连接，移出位在被移到另一端的同时，也进入 SM1.1（溢出）。

（3）移位次数 N 与移位数据的长度有关，如 N 小于实际的数据长度，则执行 N 次移位；如 N 大于数据长度，则执行移位的次数 N 除以实际数据长度的余数。

（4）移位次数 N 为字节型数据。

如果执行循环移位操作，移出的最后一位的数值存放在溢出位 SM1.1。如果实际移位次数为 0，零标志位 SM1.0 被置为 1。字节操作是无符号的，如果对有符号的字或双字操作，符号位也一起移动。循环移位指令类别见表 3-25。

表 3-25　　循环移位指令表

指令名称	梯形图符号	助记符	指 令 功 能
字节循环左移 ROL_B	ROL_B EN ENO IN OUT N	RLB OUT，N	以功能框的形式编程，当允许输入 EN 有效时，将字节型输入数据循环左移 N 位（N≤8）后，送到 OUT 指定的字节存储单元中
字节右移 ROR_B	ROR_B EN ENO IN OUT N	RRB OUT，N	以功能框的形式编程，当允许输入 EN 有效时，将字节型输入数据 IN 循环右移 N 位（N≤8）后，送到 OUT 指定的字节存储单元中
字左移 ROL_W	ROL_W EN ENO IN OUT N	RLW OUT，N	以功能框的形式编程，当允许输入 EN 有效时，将字型输入数据 IN 循环左移 N 位（N≤16）后，送到 OUT 指定的字存储单元中
字右移 ROR_W	ROR_W EN ENO IN OUT N	RRW OUT，N	以功能框的形式编程，当允许输入 EN 有效时，将字型输入数据 IN 循环右移 N 位（N≤16）后，送到 OUT 指定的字存储单元中

续表

指令名称	梯形图符号	助记符	指　令　功　能
双字左移 ROL_DW	ROL_DW EN　ENO IN　OUT N	RLD OUT，N	以功能框的形式编程，当允许输入 EN 有效时，将双字型输入数据 IN 循环左移 N 位（N≤32）后，送到 OUT 指定的双字存储单元中
双字右移 ROR_DW	ROR_DW EN　ENO IN　OUT N	RRD OUT，N	以功能框的形式编程，当允许输入 EN 有效时，将双字型输入数据 IN 循环右移 N 位（N≤32）后，送到 OUT 指定的双字存储单元中

3. 传送类指令与循环指令应用实例

控制要求：用 1 个按钮控制彩灯循环，方法是第一次按下按钮为启动循环，第二次按下为停止循环，以此为奇数次启动偶数次停止。用另一个按钮控制循环方向，第一次按下左循环，第二次按下右循环，依次交替，假设彩灯初始状态为 00 000 101，循环移动周期为 1s。

I/O 分配：I0.0—启动、停止按钮；I0.1—左、右循环按钮；Q0.0～Q0.7 彩灯对应位（一个字节）。

程序注释：参见图 3-30，程序中 SM0.1 是个特殊继电器，利用它从 STOP 转为 RUN 只

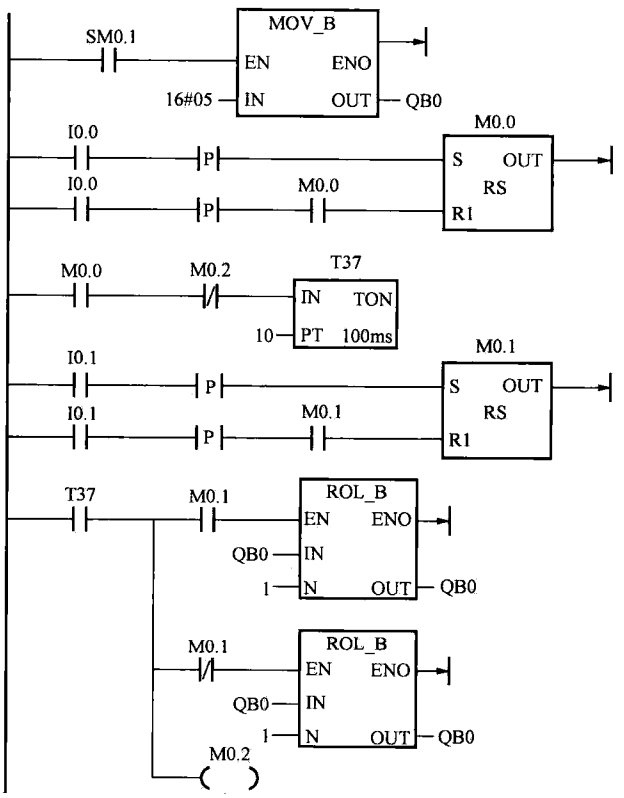


图 3-30　单按钮控制彩灯循环梯形图程序

在一个扫描周期呈 ON 状态的特点为彩灯设置初始值 00 000 101（16#05），在这里用了字节传送指令 MOV_B 将 16#05 送到 QB0 中，按启动按钮 I0.0 为 ON，使 M0.0 置位，时间继电器 T37 开始计时，时间为 1s，到时候是左循环还是右循环要看 M0.1 是否吸合，如吸合为左循环，所用指令为 ROL_B，如没吸合为右循环，所用指令为 ROR_B，而 M0.1 是否吸合由 I0.1 决定，I0.1 单数次 ON 时为左循环，I0.1 双数次 ON 时为右循环，每隔 1s 循环移动 1 位。

4. 移位寄存器指令 SHRB

在顺序控制或步进控制中，应用移位寄存器编程是很方便的。

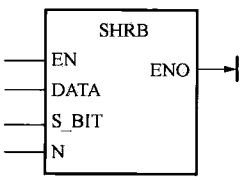


图 3-31 SHRB 梯形图符号

在梯形图中，移位寄存器以功能框的形式编程，指令名称为 SHRB，如图 3-31 所示。它有 3 个数据输入端：DATA 为移位寄存器的数据输入端：S_BIT 为组成移位寄存器的最低位：*N* 为移位寄存器的长度。

移位寄存器的特点如下：

（1）移位寄存器的数据类型无字节型、字型、双字型之分，移位寄存器的长度 *N*（≤64）由程序指定。

（2）移位寄存器的组成：

最低位为：S_BIT；

最高位的计算方法为 MSB=｛|*N*|−1+（S_BIT 的位号）｝/8；

最高位的字节号：MSB 的商（不包括余数）+S_BIT 的字节号；

最高位的位号：MSB 的余数。

例如：S_BIT=V21.2，*N*=14，则 MSB=（14-1+2）/8=15/8=1…7

最高位的字节号：21+1=22，最高位的位号：7，最高位为：V22.7

移位寄存器的组成：V21.2～V21.7，V22.0～V22.7，共 14 位。

（3）*N*>0 时，为正向移位，即从最低位向最高位移位。

（4）*N*<0 时，为反向移位，即从最高位向最低位移位。

（5）移位寄存器指令的功能：当允许输入端 EN 有效时，如果 *N*>0，则有每个 EN 的前沿，将数据输入 DATA 的状态移入寄存器的最低位 S_BIT；如果 *N*<0，则有每个 EN 的前沿，数据输入 DATA 的状态移入寄存器的最高位，移位寄存器的其他位按照 *N* 指定的方向（正向或反向），依次串行移位。

（6）移位寄存器的移出端与 SM1.1（溢出）连接。

移位寄存器指令影响的特殊继电器：SM1.0（零），当移位操作结果为 0 时，SM1.0 自动置位；SM1.1（溢出）的状态由每次移出位的状态决定。

影响允许输出 ENO 正常工作的出错条件为：SM4.3（运行时间），0006（间接寻址），0091（操作数超界），0092（计数区错误）。

在语句表中，移位寄存器的指令格式为：`SHRB DATA,S_BIT,N`

移位寄存器指令的应用如图 3-32 所示。

从图 3-32 中可以看出，S_BIT=V10.0，*N*=4>0，最高位为 V10.3。每当按下 I0.0 时，I1.0 的状态将从 V10.0 开始移入移位寄存器中，在这里假设移位之前 V10.0 已处于 ON 状态，当

第二次按下 I0.0 时，V10.0 的状态已移动到 V10.2，使 V10.2 变为 ON 状态，从而使 Q0.0 也变为 ON 状态。

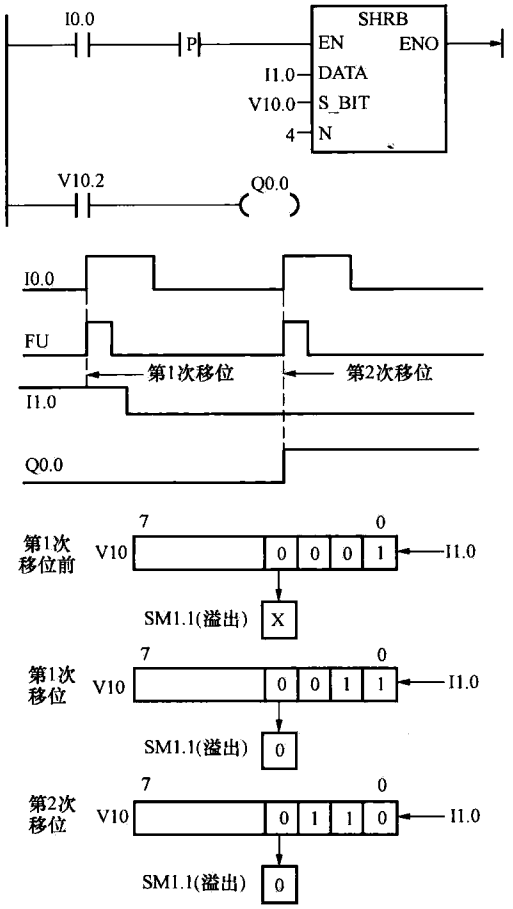


图 3-32　移位寄存器指令应用

5. 填充指令 FILL

填充指令 FILL 用于处理字型数据，指令功能是将字型输入数据 IN 填充到从 OUT 开始的 N 个存储单元，N 为字节型数据。

在梯形图中，FILL 指令以功能框的形式编程，指令名称为：FILL_N，如图 3-33 所示。当允许输入 EN 有效时，开始填充操作。

例：将 VW100～VW108 这 10 个字都清 0，那除了有效端 EN，0 应放在 IN 端、10 应放在 N 端、VW100 应放在 OUT 端。这样当 EN 端有效时，这 10 个字就都清零了。

影响允许输出 ENO 的出错条件为：SM4.3（运行时间），0006（间接寻址），0091（操作数超界）。

在语句表中，FILL 指令的指令格式为：

```
FILLIN,OUT,N
```

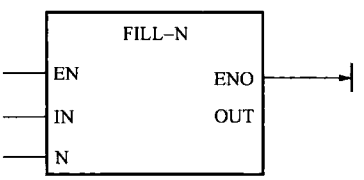


图 3-33　FILL 梯形图符号

第三节　运　算　指　令

随着计算机技术的发展，今天的 PLC 具备了越来越强的运算功能，拓宽了 PLC 的应用领域。运算指令包括算术运算与逻辑运算，算术运算包括加法、减法、乘法、除法及一些常用的数学函数；逻辑运算包括逻辑与、逻辑或、逻辑非、逻辑异或。

一、算术运算指令

在算术运算中，数据类型为整数 INT、双整数 DINT、实数 REAL，对应的运算结果分别为整数、双整数和实数，除法不保留余数。运算结果如超出允许范围，溢出位被置 1。

表 3-26 为常用的加法运算指令，表 3-27 为算术运算指令操作数 IN1、IN2 和 OUT 的寻址范围。

表 3-26　　加法运算指令表

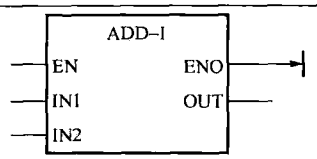
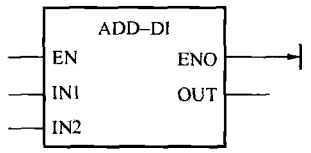
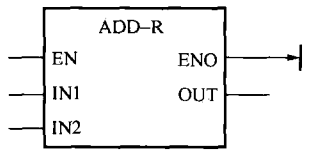
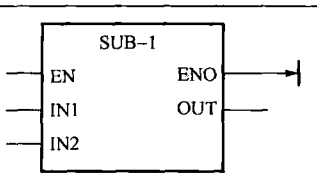
指令名称	梯形图符号	助记符	指 令 功 能
整数加法 ADD_I		+I IN1，OUT	以功能框的形式编程，当允许输入 EN 有效时，将 2 个字型有符号整数 IN1 和 IN2 相加，产生 1 个字型整数和 OUT（字存储单元）。这里 IN2 和 OUT 是同一存储单元
双整数加法 ADD_DI		+DIN1，OUT	以功能框的形式编程，当允许输入 EN 有效时，将 2 个双字型有符号整数 IN1 和 IN2 相加，产生 1 个双字型整数和 OUT（双字存储单元）。这里 IN2 和 OUT 是同一存储单元
实数加法 ADD_R		+R IN1，OUT	以功能框的形式编程，当允许输入 EN 有效时，将 2 个双字长实数 IN1 和 IN2 相加，产生 1 个双字长实数和 OUT（双字存储单元）。这里 IN2 和 OUT 是同一存储单元

表 3-27　　算术运算指令操作数 IN1、IN2 和 OUT 的寻址范围

传送	操作数	类型	寻址范围
整数	IN1 、IN2	INT	VW，IW，QW，MW，SMW，LW，SW，AC，* VD，* AC，* LD，T，C，AIW 和整数
	OUT	INT	VW，IW，QW，MW，SMW，LW，SW，T，C，AC，* VD，* AC，* LD
双整数	IN1、IN2	DINT	VW，IW，QW，MW，SMW，LW，SW，AC，* VD，* AC，* LD，HC 和常数
	OUT	DINT	VD，ID，QD，MD，SMD，LD，SD，AC，* VD，* AC，* LD
实数	IN1、IN2	REAL	VD，ID，QD，MD，SMD，LD，SD，AC，* VD，* AC，* LD 和常数
	OUT	REAL	VD，ID，QD，MD，SMD，LD，SD，AC，* VD，* AC，* LD
完全整数	IN1、IN2	INT	VW，IW，QW，MW，SMW，LW，SW，AC，* VD，* AC，* LD，T，C，AIW 和常数
	OUT	DINT	VD，ID，QD，MD，SMD，LD，SD，AC，* VD，* AC，* LD

加法指令是对两个有符号数进行相加操作，减法指令是对两个有符号数进行相减操作。表 3-28 为常用的减法运算指令，与加法指令一样，也可分为整数减法指令、双整数减法指令及实数减法指令。运算指令中操作数的寻址范围见表 3-27。

表 3-28　　减法运算指令表

指令名称	梯形图符号	助记符	指 令 功 能
整数减法 SUB_I		-I IN1，OUT	以功能框的形式编程，当允许输入 EN 有效时，将 2 个字型有符号整数 IN1 和 IN2 相减，产生 1 个字型整数差 OUT（字存储单元）。这里 IN2 和 OUT 是同一存储单元

续表

指令名称	梯形图符号	助记符	指　令　功　能
双整数减法 SUB_DI	SUB-I EN　ENO IN1　OUT IN2	-DIN1，OUT	以功能框的形式编程，当允许输入 EN 有效时，将 2 个双字型有符号整数 IN1 和 IN2 相减，产生 1 个双字型整数差 OUT（双字存储单元）。这里 IN2 和 OUT 是同一存储单元
实数减法 SUB_R	SUB-I EN　ENO IN1　OUT IN2	-R IN1，OUT	以功能框的形式编程，当允许输入 EN 有效时，将 2 个双字长实数 IN1 和 IN2 相减，产生 1 个双字长实数差 OUT（双字存储单元）。这里 IN2 和 OUT 是同一存储单元

表 3-29 为常用的乘（除）法运算指令，乘（除）法指令是对两个有符号数进行相乘（除）运算。可分为整数乘（除）法指令、双整数乘（除）法指令、完全整数乘（除）法指令及实数乘（除）法指令。乘法指令中 IN2 与 OUT 为同一个存储单元，而除法指令中 IN1 与 OUT 为同一存储单元。运算指令中操作数的寻址范围见表 3-27。

表 3-29　　乘（除）法运算指令表

指令名称	梯形图符号	助记符	指　令　功　能
整数乘法 MUL_I	MUL-I EN　ENO IN1　OUT IN2	×IIN1，OUT	以功能框的形式编程，当允许输入 EN 有效时，将 2 个字型有符号整数 IN1 和 IN2 相乘，产生 1 个字型整数积 OUT（字存储单元）。这里 IN2 和 OUT 是同一存储单元
整数乘法 MUL	MUL EN　ENO IN1　OUT IN2	MUL IN1，OUT	以功能框的形式编程，当允许输入 EN 有效时，将 2 个字型有符号整数 IN1 和 IN2 相乘，产生 1 个字型整数积 OUT（字存储单元）。这里 IN2 和 OUT 是同一存储单元
双整数乘法 MUL_DI	MUL-DI EN　ENO IN1　OUT IN2	×DIN1，OUT	以功能框的形式编程，当允许输入 EN 有效时，将 2 个双字型有符号整数 IN1 和 IN2 相乘，产生 1 个双字型整数积 OUT（双字存储单元）。这里 IN2 和 OUT 是同一存储单元
实数乘法 MUL_R	MUL-R EN　ENO IN1　OUT IN2	×R IN1，OUT	以功能框的形式编程，当允许输入 EN 有效时，将 2 个双字长实数 IN1 和 IN2 相乘，产生 1 个双字长实数积 OUT（双字存储单元）。这里 IN2 和 OUT 是同一存储单元
整数除法 DIV_I	DIV-I EN　ENO IN1　OUT IN2	/I IN1，OUT	以功能框的形式编程，当允许输入 EN 有效时，将 2 个字型有符号整数 IN1 和 IN2 相除，产生 1 个字型整数商 OUT（字存储单元）。这里 IN2 和 OUT 是同一存储单元

续表

指令名称	梯形图符号	助记符	指 令 功 能
整数除法 DIV	DIV EN ENO IN1 OUT IN2	DIV IN1， OUT	以功能框的形式编程，当允许输入 EN 有效时，将 2 个字型有符号整数 IN1 和 IN2 相除，产生 1 个字型整数商 OUT（字存储单元）。这里 IN2 和 OUT 是同一存储单元
双整数 除法 DIV_DI	DIV-DI EN ENO IN1 OUT IN2	/DIN1，OUT	以功能框的形式编程，当允许输入 EN 有效时，将 2 个双字型有符号整数 IN1 和 IN2 相除，产生 1 个双字型整数商 OUT（双字存储单元）。这里 IN2 和 OUT 是同一存储单元
实数除法 DIV_R	DIV-R EN ENO IN1 OUT IN2	/RIN1，OUT	以功能框的形式编程，当允许输入 EN 有效时，将 2 个双字长实数 IN1 和 IN2 相除，产生 1 个双字长实数商 OUT（双字存储单元）。这里 IN2 和 OUT 是同一存储单元

二、增减指令

增减指令又称为自动加 1 或自动 1 指令。数据长度可以是字节、字、双字，表 3-30 列出了这几种不同数据长度的增减指令。表 3-31 为指令中 IN 及 OUT 的寻址范围。

表 3-30　　增 减 指 令 表

指令名称	梯形图符号	助记符	指 令 功 能
字节加 1 INC_B	INC_B EN ENO IN OUT	INCB，OUT	以功能框的形式编程，当允许输入 EN 有效时，将 1 个字节长的无符号数 IN 自动加 1，输出结果 OUT 为 1 个字节长的无符号数，指令执行结果：IN+1=OUT
字节减 1 DEC_B	DEC_B EN ENO IN OUT	DECB，OUT	以功能框的形式编程，当允许输入 EN 有效时，将 1 个字节长的无符号数 IN 自动减 1，输出结果 OUT 为 1 个字节长的无符号数，指令执行结果：IN-1=OUT
字加 1 INC_W	INC_W EN ENO IN OUT	INCW，OUT	以功能框的形式编程，当允许输入 EN 有效时，将 1 个字长的有符号数 IN 自动加 1，输出结果 OUT 为 1 个字长的有符号数，指令执行结果：IN+1=OUT
字减 1 DEC_W	DEC_W EN ENO IN OUT	DECW，OUT	以功能框的形式编程，当允许输入 EN 有效时，将 1 个字长的有符号数 IN 自动减 1，输出结果 OUT 为 1 个字长的有符号数，指令执行结果：IN-1=OUT
双字加 1 INC_D	INC_D EN ENO IN OUT	INCD，OUT	以功能框的形式编程，当允许输入 EN 有效时，将 1 个双字长（32 位）的有符号数 IN 自动加 1，输出结果 OUT 为 1 个双字长的有符号数，指令执行结果：IN+1=OUT
双字减 1 DEC_D	DEC_D EN ENO IN OUT	DECD，OUT	以功能框的形式编程，当允许输入 EN 有效时，将 1 个双字长（32 位）的有符号数 IN 自动减 1，输出结果 OUT 为 1 个双字长的有符号数，指令执行结果：IN-1=OUT

表 3-31　　增减指令中 IN 及 OUT 的寻址范围

传送	操作数	类型	寻　址　范　围
字节增减	IN	BYTE	VB，IB，QB，MB，LB，SB，SMB，*VD，AC，*AC，*LD 和常数
	OUT	BYTE	VB，IB，QB，MB，LB，SB，SMB，*VD，AC，*AC，*LD
字增减	IN	WORD	VW，IW，QW，MW，SMW，LW，SW，AC，*VD，*AC，*LD 和常数
	OUT	WORD	VW，IW，QW，MW，SMW，LW，SW，AC，*VD，*AC，*LD
双字增减	IN	DWORD	VD，ID，QD，MD，SMD，LD，SD，AC，*VD，*AC，*LD 和常数
	OUT	DWORD	VD，ID，QD，MD，SMD，LD，SD，AC，*VD，*AC，*LD

三、逻辑运算指令

逻辑运算指令是对逻辑数（无符号数）进行处理，包括逻辑与、逻辑或、逻辑异或、取反等逻辑操作，数据长度为字节、字、双字。逻辑运算指令见表 3-32。逻辑运算指令中 IN、IN1、IN2 及 OUT 的寻址范围见表 3-33。

表 3-32　　逻　辑　指　令　表

指令名称	梯形图符号	助记符	指　令　功　能
字节与 WAND_B	INV-B EN　ENO IN　OUT	ANDB IN1，OUT	以功能框的形式编程，当允许输入 EN 有效时，将 2 个字节长的逻辑数 IN1 和 IN2 按位相与，产生 1 个字节的运算结果放入 OUT，这里 IN2 和 OUT 是同一存储单元
字节或 WOR_B	INV-B EN　ENO IN　OUT	ORB IN1，OUT	以功能框的形式编程，当允许输入 EN 有效时，将 2 个字节长的逻辑数 IN1 和 IN2 按位相或，产生 1 个字节的运算结果放入 OUT，这里 IN2 和 OUT 是同一存储单元
字节异或 WXOR_B	INV-B EN　ENO IN　OUT	XORB IN1，OUT	以功能框的形式编程，当允许输入 EN 有效时，将 2 个字节长的逻辑数 IN1 和 IN2 按位相异或，产生 1 个字节的运算结果放入 OUT，这里 IN2 和 OUT 是同一存储单元
字节取反 INV_B	INV-B EN　ENO IN　OUT	INVB，OUT	以功能框的形式编程，当允许输入 EN 有效时，将 1 个字节长的逻辑数 IN 取反，产生 1 个字节的运算结果放入 OUT，这里 IN 和 OUT 是同一存储单元
字与 WAND_W	WAND-W EN　ENO IN1　OUT IN2	ANDW IN1，OUT	以功能框的形式编程，当允许输入 EN 有效时，将 2 个 1 字长的逻辑数 IN1 和 IN2 按位相与，产生 1 个字的运算结果放入 OUT，这里 IN2 和 OUT 是同一存储单元
字或 WOR_W	WOR-W EN　ENO IN1　OUT IN2	ORW IN1，OUT	以功能框的形式编程，当允许输入 EN 有效时，将 2 个 1 字长的逻辑数 IN1 和 IN2 按位相或，产生 1 个字的运算结果放入 OUT，这里 IN2 和 OUT 是同一存储单元
字异或 WXOR_W	WXOR -W EN　ENO IN1　OUT IN2	XORW IN1，OUT	以功能框的形式编程，当允许输入 EN 有效时，将 2 个 1 字长的逻辑数 IN1 和 IN2 按位相异或，产生 1 个字长的运算结果放入 OUT，这里 IN2 和 OUT 是同一存储单元

续表

指令名称	梯形图符号	助记符	指 令 功 能
字取反 INV_W	INV-W EN ENO IN1 OUT IN2	INVW，OUT	以功能框的形式编程，当允许输入 EN 有效时，将 1 个字长的逻辑数 IN 取反，产生 1 个字的运算结果放入 OUT，这里 IN 和 OUT 是同一存储单元
双字与 WAND_D	WAND-D EN ENO IN1 OUT IN2	ANDD IN1，OUT	以功能框的形式编程，当允许输入 EN 有效时，将 2 个双字长的逻辑数 IN1 和 IN2 按位相与，产生 1 个双字的运算结果放入 OUT，这里 IN2 和 OUT 是同一存储单元
双字或 WOR_D	WOR_D EN ENO IN1 OUT IN2	ORD IN1，OUT	以功能框的形式编程，当允许输入 EN 有效时，将 2 个双字长的逻辑数 IN1 和 IN2 按位相或，产生 1 个双字的运算结果放入 OUT，这里 IN2 和 OUT 是同一存储单元
双字异或 WXOR_D	WXOR-D EN ENO IN1 OUT IN2	XORD IN1，OUT	以功能框的形式编程，当允许输入 EN 有效时，将 2 个双字长的逻辑数 IN1 和 IN2 按位相异或，产生 1 个双字的运算结果放入 OUT，这里 IN2 和 OUT 是同一存储单元
双字取反 INV_D	INV-D EN ENO IN1 OUT IN2	INVD，OUT	以功能框的形式编程，当允许输入 EN 有效时，将 1 个双字长的逻辑数 IN 取反，产生 1 个双字的运算结果放入 OUT，这里 IN 和 OUT 是同一存储单元

表 3-33　　逻辑运算指令中 IN、IN1、IN2 及 OUT 的寻址范围

传送	操作数	类型	寻 址 范 围
字节	IN1、IN2 IN	BYTE	VB，IB，QB，MB，LB，SB，SMB，*VD，AC，*AC，*LD 和常数
	OUT	BYTE	VB，IB，QB，MB，LB，SB，SMB，*VD，AC，*AC，*LD
字	IN1、IN2 IN	WORD	VW，IW，QW，MW，SMW，LW，SW，AC，*VD，*AC，*LD 和常数
	OUT	WORD	VW，IW，QW，MW，SMW，LW，SW，AC，*VD，*AC，*LD
双字	IN1、IN2 IN	DWORD	VD，ID，QD，MD，SMD，LD，SD，AC，*VD，*AC，*LD 和常数
	OUT	DWORD	VD，ID，QD，MD，SMD，LD，SD，AC，*VD，*AC，*LD

第四节　转　换　指　令

一、七段显示指令 SEG

在 S7-200 系列 PLC 中，有一条可直接驱动七段数码管的指令 SEG（Segment），如图 3-34 所示。如果在 PLC 的输出端用 1B 的前 7 个端口与数码管的 7 个段（a、b、c、d、e、f、g）对应接好，当 SEG 指令的允许输入 EN 有效时，将字节型输入数据 IN 的低 4 位对应的数据

（0～F），输出到 OUT 指定的字节单元（只用上前 7 个位），这时 IN 处的数据即可直接通过数码管显示出来。在梯形图中，七段数码指令以功能框的形式编程，在语句表中的指令格式为 SEG IN,OUT。

二、数据类型转换指令

在进行数据处理时，不同性质的操作指令需要不同数据类型的操作数。数据类型转换指令的功能是将一个固定的数值，根据操作指令对数据类型的需要进行相应类型的转换。表 3-34 列出了几种常用的数据类型转换指令。

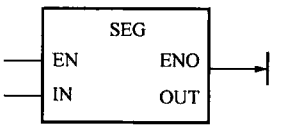


图 3-34　SEG 梯形图符号

表 3-34　　数据类型转换指令

指令名称	梯形图符号	助记符	指　令　功　能
字节到整数 B_I	B_I EN ENO IN OUT	BTI IN，OUT	以功能框的形式编程，当允许输入 EN 有效时，将字节型输入数据 IN 转换成整数型数据送到 OUT
整数到字节 I_B	I_B EN ENO IN OUT	ITB IN，OUT	以功能框的形式编程，当允许输入 EN 有效时，将整数型输入数据 IN 转换成字节型数据送到 OUT
整数到双整数 I_D	I_D EN ENO IN OUT	ITD IN，OUT	以功能框的形式编程，当允许输入 EN 有效时，将整数型输入数据 IN 转换成双整数型数据送到 OUT
双整数到整数 D_I	D_I EN ENO IN OUT	DTI IN，OUT	以功能框的形式编程，当允许输入 EN 有效时，将双整数型输入数据 IN 转换成整数型数据送到 OUT
实数到双整数 ROUND	ROUND EN ENO IN OUT	ROUND IN，OUT	以功能框的形式编程，当允许输入 EN 有效时，将实数型输入数据 IN 转换成双整数型（对 IN 中的小数部分采取四舍五入），转换结果送到 OUT
实数到双整数 TRUNK	TRUNC EN ENO IN OUT	TRUNK IN，OUT	以功能框的形式编程，当允许输入 EN 有效时，将实数型输入数据 IN 转换成双整数型（舍去 IN 中的小数部分），转换结果送到 OUT
双整数到实数 DI_R	DI_R EN ENO IN OUT	DTR IN，OUT	以功能框的形式编程，当允许输入 EN 有效时，将双整数型输入数据 IN 转换成实数型数据送到 OUT
整数到 BCD 码 I_BCD	I_BCD EN ENO IN OUT	IBCD IN，OUT	以功能框的形式编程，当允许输入 EN 有效时，将整数型输入数据 IN 转换成 BCD 码输入数据送到 OUT
BCD 码到整数 BCD_I	BCD_I EN ENO IN OUT	BCDI IN，OUT	以功能框的形式编程，当允许输入 EN 有效时，将 BCD 码型输入数据 IN 转换成整数型输入数据送到 OUT

第五节 程序控制指令

程序控制类指令包括跳转指令、循环指令、顺控继电器指令、子程序指令、结束及暂停指令、看门狗指令，主要用于程序执行流程的控制。对一个扫描周期而言，跳转指令可以使程序出现跨越以实现程序的选择；子程序指令可调用某段子程序，使主程序结构简单、清晰，减少扫描时间；循环指令可多次重复执行指定的程序段；顺控继电器指令把程序分成若干个段，以实现步进控制；暂停指令可使 CPU 的工作方式发生变化。

以下仅介绍跳转指令、循环指令、子程序指令。

一、跳转指令

跳转指令的功能是根据不同的逻辑条件，有选择地执行不同的程序。利用跳转指令，可以使程序结构更加灵活，减少扫描时间，从而加快了系统的响应速度。

执行跳转指令需要用两条指令配合使用，跳转开始指令 JMP*n* 和跳转标号指令 LBL*n*，其中 *n* 是标号地址，*n* 的取值范围是 0～255 的字型类型。

使用跳转指令时需注意以下几点：

（1）由于跳转指令具有选择程序段的功能，在同一程序且位于因跳转而不会被同时执行的两段程序中的同一线圈不被视为双线圈，双线圈指同一程序中，出现对同一线圈的不同逻辑处理现象，这在编程中是不允许的。

（2）跳转指令 JMP 和 LBL 必须配合应用在同一个程序块中，即 JMP 和 LBL 可同时出现在主程序中，或者同时出现在子程序中，或者同时出现在中端程序中。不允许从主程序中跳转到子程序或中断程序，也不允许从某个子程序或中断程序中跳转到主程序或其他的子程序或中断程序。

（3）在跳转条件中引入上升沿或下降沿脉冲指令时，跳转只执行一个扫描周期，但若用特殊辅助电气 SM0.0 作为跳转指令的工作条件，跳转就成为无条件跳转。

在梯形图中，JMP*n* 以线圈形式编程，LBL*n* 以功能框形式编程。

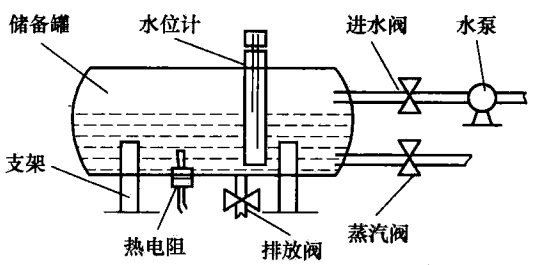


图 3-35 食品罐头杀菌工序热水储备罐示意图

例如：某食品罐头杀菌工序需一个热水储备罐，如图 3-35 所示，在杀菌处理之前要给储备罐加水，到达水位后停止加水，开始进蒸汽加热到设定温度关闭进汽阀，当处理信号到来时将热水放入处理罐开始杀菌，杀菌结束后再将热水送回储备罐等待下一次使用。如此循环使用不等的间隔时间，会造成水位与水温的不等，在此就要用跳转指令。

图 3-36 是食品罐头杀菌工序热水储备罐 PLC 控制的对外接线图，当储水开始时，按下启动按钮 SB1，水泵启动（KM1 得电），进水阀（YV1 得电）也同时打开。到达设定水位时，水位开关 SL 闭合使水泵停止，进水阀关闭，同时开启进汽阀（YV2）开始加热。到达设定温度时，温度开关 KW 闭合使进汽阀关闭。当处理信号到来时，KJ 闭合，说明处理罐内已放入罐头，可以进行杀菌了，此刻开启排放阀（YV3），将热水放入处理罐。因此储备罐里的水

是循环再利用的，所以下一次使用时，水位和水温是否还在设定值上是说不准的，这里就需要跳转指令进行选择，如图 3-37 所示为此工序的控制程序。

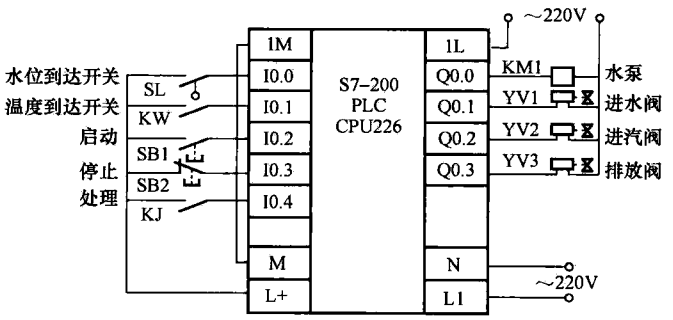


图 3-36　食品罐头杀菌工序热水储备罐 PLC 控制的对外接线图

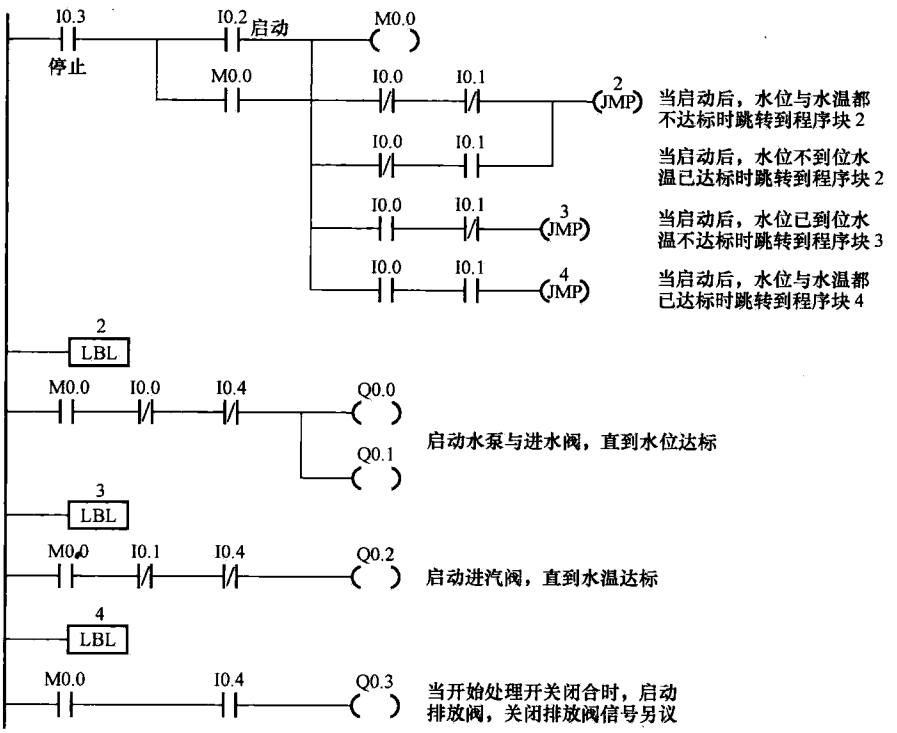


图 3-37　食品罐头杀菌工序热水储备罐 PLC 控制的梯形图

二、循环指令

在控制系统中经常遇到对某项任务需重复执行若干的情况，这时可使用循环指令。循环指令由循环开始指令 FOR 和循环结束指令 NEXT 组成。驱动 FOR 指令的循环条件满足时，反复执行 FOR 与 NEXT 之间的程序段。

循环开始指令 FOR 的功能是标记循环体的开始，在梯形图中是以功能框的形式编程，名称为 FOR，如图 3-38 所示，它有 3 个输入端，分别是 INDX（当前循环技术）、INIT（循环初值）、FINAL（循环终值），它们的数据类型均为整数。循环结束指令 NEXT 的功能是标记

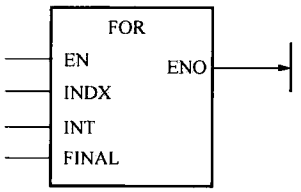


图 3-38 FOR 梯形图符号

循环体的结束，在梯形图中是以线圈的形式编程的。

FOR 和 NEXT 必须成对使用，在 FOR 和 NEXT 之间构成循环体。当允许输入 EN 有效时，执行循环体，INDX 从 1 开始计数。每执行 1 次循环体，INDX 自动加 1，并且与终值相比较，如果 INDX 大于 FINAL，循环结束。

假设 INT 是 1，FINAL 是 5，每次执行 FOR 与 NEXT 之间的指令后，INDX 的值加 1，并进行 INDX 与 FINAL 的比较，如果 INDX 大于 5，循环中止，FOR 和 NEXT 之间的指令被执行 5 次。

在语句表中，循环指令的指令格式为 `FOR INDX,INIT,FINAL NEXT`。

三、子程序指令

S7-200 PLC。CPU 的控制程序由主程序、子程序和中断程序组成。在 STEP 7Micro/WIN 编程软件的程序编辑器窗口里这三者都有各自独立的页。

在 PLC 程序设计中，将那些需要经常执行的程序段设计成子程序的形式，并为每个子程序赋以不同的编号，在程序执行的过程中，可随时调用某个编号的子程序。子程序的调用是有条件的，未调用它时不会执行子程序中的指令，因此使用子程序可以减少扫描时间。使用子程序可以将程序分成容易管理的小块，使程序结构简单、清晰，易于查错和维护。

可以在主程序、其他子程序或中断程序中调用子程序，调用某个子程序时将执行该子程序的全部指令，直至子程序结束，然后返回调用它的程序中该子程序调用指令的下一条指令处。

子程序调用指令 CALL 的功能是将程序执行转移到编号为 n（n=0，1，2，…）的子程序。子程序的入口用指令 SBR n 表示，在子程序执行过程中，如果满足条件则返回指令，将继续执行该子程序到最后一条，也就是无条件返回指令 RET，结束该子程序的运行，返回到主程序。综上所述，进入子程序后，返回时有两种指令，一是有条件返回指令 CRET，一是无条件返回指令 RET。用 STEP 7Micro/WIN 软件编程时，编程人员不用手工输入 RET 指令，当执行子程序到最后一条时，软件会自动将程序返回到主程序原调用处继续执行。

程序控制类指令对合理安排程序的结构、提高程序功能以及实现某些技巧性运算具有重要的意义。

第六节 特 殊 指 令

一、中断指令

在 S7-200 系列 PLC 中，中断服务程序的调用和处理由中断指令来完成。CPU 提供了中断处理功能，有很多的信息和事件能够引起中断，一般可分为系统内部中断和用户引起的中断。系统的内部中断是由系统来处理的，如编程器、数据处理器及某些智能单元等，都随时会向 CPU 发出中断请求，对于这种中断请求的处理，PLC 是自动完成的，用户不必为此编程。而由用户引起的包括通信中断、高速脉冲串输出中断、外部输入中断、高速计数器中断、定时中断、定时器中断都是需要用户通过设计中断服务程序并设定对应的入口地址来完成的。以上各种中断的先后次序符合优先排队。

能够用中断功能处理的特定事件称为中断事件。S7-200 PLC 为每个中断事件规定了一个中断事件号。响应中断事件而执行的程序称为中断服务程序，把中断事件号和中断服务程序关联起来才能执行中断处理功能。

中断程序不是由程序调用，而是在中断事件发生时由操作系统调用，这一点是与子程序调用不同的，一旦执行中断程序就会把主程序封存，中断了主程序的正常扫描。中断事件处理完才返回主程序，所以中断程序应尽量短小，否则可能引起主程序控制的设备操作异常。

中断指令主要包括以下几种：

（1）ENI（全局允许中断）。功能是全局地开放所有被连接的中断事件，允许 CPU 接受所有中断事件的中断请求。在梯形图中，开中断指令以线圈的形式编程，无操作数。

（2）DISI（全局禁止中断）。功能是全局地关闭所有被连接的中断事件，禁止 CPU 接受所有中断事件的中断请求。在梯形图中，关中断指令以线圈的形式编程，无操作数。

（3）ATCH（中断连接）。功能是建立一个中断事件 EVNT 与一个标号为 INT 的中断服务程序的联系，并对该中断事件开放。

中断连接指令在梯形图中以功能框的形式编程，指令名称为 ATCH，如图 3-39 所示。它有两个数据输入端：INT 为中断服务程序的标号，用字节型常数输入；EVNT 为中断事件号，用字节型常数输入。当允许输入有效时，连接与中断事件 EVNT 相关联的 INT 中断程序。

（4）DTCH（中断分离）。功能是取消某个中断事件 EVNT 与所有中断程序的关联，并对该中断事件禁止。

中断连接指令在梯形图中以功能框的形式编程，指令名称为 DTCH，如图 3-40 所示。它有两个数据输入端：INT 为中断服务程序的标号，用字节型常数输入；EVNT 为中断事件号，用字节型常数输入。当允许输入有效时，连接与中断事件 EVNT 相关联的 INT 中断程序。

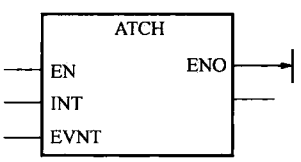


图 3-39　ATCH 梯形图符号

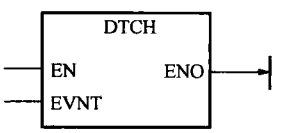


图 3-40　DTCH 梯形图符号

RETI（中断返回）和 CRETI（中断返回）：功能是，当中断结束时，通过中断返回指令退出中断服务程序，返回主程序。RETI 是无条件返回指令，CRETI 是有条件返回指令。

例如：利用“定时中断”给 8 位彩灯循环左移。

控制要求：先设定 8 位彩灯在 QB0 处显示，并设初始值“7”，然后每隔 1s 彩灯循环左移一位。控制按钮选 I0.1 按一次开始，再按一次停止，停止后彩灯全灭。

程序中包括了子程序的调用及中断程序的执行，在子程序中建立了初始化状态并建立与开通了中断事件。应特别注意的是尽管主程序只调用一次子程序，但子程序中的定时中断指令却不停地工作，每隔 250ms 产生一次中断，直到按下停止按钮。如图 3-41 为控制程序的梯形图及其注释。

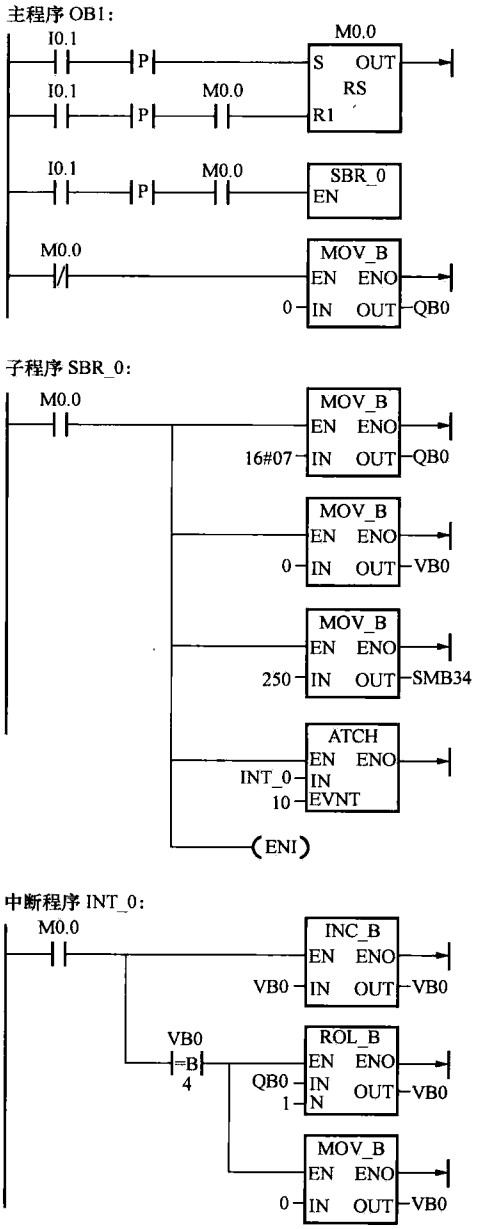


图 3-41　定时中断控制程序的梯形图及其注释

S7-200 系列 CPU 226 的中断系统中，按中断性质和轻重缓急分配不同的优先级，当多个中断事件同时发出中断请求时，要按表 3-35 所列的优先级顺序进行排队。

表 3-35　　中断事件的优先级

事件号	中断数据描述	组优先级	组内类型	组内优先级
8	通信口 0：单字符接收完成	通信中断最高级	通信口 0	0
9	通信口 0：发送字符完成			0

续表

事件号	中断数据描述	组优先级	组内类型	组内优先级
23	通信口 0：接收信息完成	通信中断最高级	通信口 0	0
24	通信口 1：接收信息完成		通信口 1	1
25	通信口 1：单字符接收完成			1
26	通信口 1：发送字符完成			1
19	PTO0 脉冲串输出完成中断	I/Q 中断	脉冲串输出	0
20	PTO1 脉冲串输出完成中断			1
0	I0.0 上升沿中断		外部输入	2
2	I0.1 上升沿中断			3
4	I0.2 上升沿中断			4
6	I0.3 上升沿中断			5
1	I0.0 下降沿中断			6
3	I0.1 下降沿中断			7
5	I0.2 下降沿中断			8
7	I0.3 下降沿中断			9
12	高速计数器 0：CV=PV（当前值=设定值）			10
27	高速计数器 0：输入方向改变			11
28	高速计数器 0：外部复位			12
13	高速计数器:1：CV=PV（当前值=设定值）			13
14	高速计数器:1：输入方向改变			14
15	高速计数器:1：外部复位			15
16	高速计数器:2：CV=PV（当前值=设定值）		高速计数器	16
17	高速计数器:2：输入方向改变			17
18	高速计数器:2：外部复位			18
32	高速计数器:3：CV=PV（当前值=设定值）			19
29	高速计数器:4：CV=PV（当前值=设定值）			20
30	高速计数器:4：输入方向改变			21
31	高速计数器:4：外部复位			22
33	高速计数器:5：CV=PV（当前值=设定值）			23
10	定时中断 0：SMB34	时基中断最低级	定时	0
11	定时中断 1：SMB35			1
21	定时器 T32：CT=PT 中断		定时器	2
22	定时器 T96：CT=PT 中断			3

在 S7-200 PLC 的 CPU 22×中，可连接的中断事件及中断事件号见表 3-36。

表 3-36　　可连接的中断事件

CPU 型号	CPU 221	CPU 222	CPU 224	CPU 226
可连接的中断事件数	25		31	34
可连接的中断事件号	0～12，19～23，27～33		0～23，27～23	0～33

二、高度计数器指令

普通计数器是按照顺序扫描的方式进行工作，在每个扫描周期中，对计数脉冲只能进行一次累加，计数频率一般仅有几十赫兹。然而，当输入脉冲信号的频率比 PLC 的扫描频率高时，如果仍然采用普通计数器进行累加，必然会丢失很多输入脉冲信号。在 PLC 中，处理比扫描频率高的输入信号的任务是由高速计数器来完成的。

1. 输入端的连接

S7-200 系列 PLC CPU226 拥有 6 个高速计数器 HSC0～HSC5，用以响应快速的脉冲输入信号，可以设置多达 12 种不同的操作模式。用户程序中一旦采用了高速计数器功能，首先要定好高速计数器的号数，也就是在 6 个当中选取，然后就要定模式，因号数与模式相对于 PLC 的输入点都是固定的，见表 3-37。除软件（编程）要有相应的初始化设置外，PLC 的输入端也一定要与产生高速脉冲信号的设备连接，按照已定的号数与模式将导线连接。

在实际工程中，高速计数器大多数连接增量型旋转编码器，用于检测位移和速度等。

旋转编码器一般与被控电动机同轴，每旋转一周可发出一定数量的计数脉冲和一个复位脉冲，作为高速计数器的输入，这种方式的输入信号是不受扫描周期控制的，随来随进，只要用户程序中 EN 利用上（输入 EN 使能有效时），脉冲数就可以送进来了，这就是高速计数器的特点。

高速计数器专用的输入点见表 3-37。

表 3-37　　高速计数器的输入点

高速计数器编号	输入点	高速计数器编号	输入点
HC0	I0.0，I0.1，I0.2	HC3	I0.1
HC1	I0.6，I0.7，I1.0，I1.1	HC4	I0.3，I0.4，I0.5
HC2	I1.2，I1.3，I1.4，I1.5	HC5	I0.4

表 3-37 中所用到的输入点，如果不使用高速计数器，可作为一般的数字量输入点，有些高速计数器的输入点相互间或它们与边沿中断（I0.0～I0.3）的输入点有重叠，同一输入点不能同时用于两种不同的功能，但是高速计数器当前模式未使用的输入点可以用于其他功能。例如：HSC0 工作在模式 1 时只是用 I0.0 及 I0.2，那么 I0.1 就可供他用了。字 PLC 的实际应用中，每个输入点的作用是唯一的，不能对某一个输入点分配多个用途，因此要合理分配每一个输入点的用途。

2. 高速计数器的工作模式

工作模式大致分为下面 4 大类：

（1）无外部方向输入信号（内部方向控制）的单相加/减计数器（模式 0～2）：可以用高

速计数器控制字节的第 3 位来控制是加还是减。该位是 1 时为加，是 0 时为减。

（2）有外部方向输入信号的单相加/减计数器（模式 3～5）：方向输入信号是 1 时为加计数，是 0 时为减计数。

（3）有加计数时钟脉冲和减计数时钟脉冲输入的双相计数器（模式 6～8），也就是双相增/减计数器，双脉冲输入。

（4）U/V 相正交计数器（模式 9～11）：它的两路计数脉冲的相位互差 90°，正转时 U 相在前，反转时 V 相在前。利用这一特点可以实现在正转时加计数，反转时减计数。

3. 高速计数器指令

高速计数器的指令有 2 条：定义高速计数器指令 HDEF 和执行高速计数器指令 HSC。

定义高速计数器指令 HDEF，如图 3-42 所示。

功能是为某个要使用的高速计数器选定一种工作模式。每个高速计数器在使用前，都要用 HDEF 指定定义工作模式，并且只能定义 1 次。可以用只在 ON 状态时一个扫描周期的指令或 SM0.1 调用包含 HDEF 指令的子程序来定义高速计数器，也就是说，只激活或者初始化一下即可。在梯形图中，HDEF 以功能框的形式编程，它有 2 个数据输入端：HSC 为要使用的高速计数器编号，数据类型为字节型，数据范围为 0～5 的常数，分别对应 HC0～HC5；MODE 为高速计数器的工作模式，数据类型为字节型，数据范围为 0～11 的常数，分别对应 12 种工作模式。当允许输入 EN 有效时，为指定的高速计数器 HSC 定义工作模式 MODE。执行高速计数器指令 HSC，如图 3-43 所示。

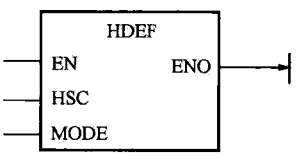


图 3-42　HDEF 梯形图符号

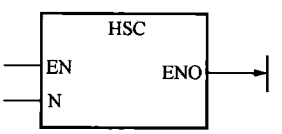


图 3-43　HSC 梯形图符号

功能是根据与高速计数器相关的特殊继电器确定的控制方式和工作状态，使高速计数器的设置生效，按照指定的工作模式执行计数操作。

在梯形图中，HSC 以功能框的形式编程，它有一个数据输入端 N：N 为高速计数器的编号，数据类型为字型，数据范围为 0～5 的常数，分别对应 HC0～HC5。当允许输入 EN 有效时，启动 N 所对应的 HC0～HC5 之一。

4. 高速计数器的控制字节

在使用高速计数器时，用 HDEF 指令定工作模式，用 HSC 指令定开启哪个高速计数器，然后对高速计数器的动态参数进行编程。各高速计数器均有一个特殊继电器的控制字节 SMB，通过对控制字节指定位的编程，确定高速计数器工作方式，各位的意义见表 3-28。执行 HSC 指令时，CPU 检查控制字节及有关的当前值与设定值。执行 HDEF 指令之前必须将控制位设置成需要的状态，否则高速计数器将选用模式的默认设置。一旦执行了 HDEF 指令，设置的控制位就不能再改变，除非 CPU 进入停止模式。

表 3-38　　高速计数器的控制字节

HC0	HC1	HC2	HC3	HC4	HC5	描　述
SM37.0	SM47.0	SM57.0	—	SM147.0	—	0=复位信号高电平有效，1=低电平有效
—	SM47.1	SM57.1	—	—	—	0=启动信号高电平有效，1=低电平有效
SM37.2	SM47.2	SM57.2	—	SM147.2	—	0=4 倍频模式，1=1 倍频模式
SM37.3	SM47.3	SM57.3	SM137.3	SM147.3	SM157.3	0=减计数方向，1=增计数方向
SM37.4	SM47.4	SM57.4	SM137.4	SM147.4	SM157.4	0=不改变计数方向，1=可改变计数方向
SM37.5	SM47.5	SM57.5	SM137.5	SM147.5	SM157.5	0=不改变设定值，1=可改变设定值
SM37.6	SM47.6	SM57.6	SM137.6	SM147.6	SM157.6	0=不改变当前值，1=可改变当前值
SM37.7	SM47.7	SM57.7	SM137.7	SM147.7	SM157.7	0=禁止高速计数器，1=允许高速计数器

5. 高速计数器的数值寻址

每个高速计数器都有一个初始值和一个设定值，它们都是 32 位有符号整数。初始值是高速计数器计数的起始值；设定值是高速计数器运行的目标值，当实际计数值等于设定值（见表 3-35）时会发生一个内部中断时间。必须先设置控制字节（见表 3-38）以允许装入新的初始值和设定值，并且把初始值和设定值存入特殊存储器中，然后执行 HSC 使新的初始值和设定值有效。高速计数器各种数值存放处见表 3-39。当前值也是一个 32 位的有符号整数，例如，表中 HSC0 的当前值，在程序里可从 HC0 中直接读出。

表 3-39　　高速计数器数值寻址

计数器号	HSC0	HSC1	HSC2	HSC3	HSC4	HSC5
初始值	SMD38	SMD48	SMD58	SMD138	SMD148	SMD158
设定值	SMD42	SMD52	SMD62	SMD142	SMD152	SMD162
当前值	HC0	HC1	HC2	HC3	HC4	HC5

三、通信指令

PLC 的通信包括 PLC 之间、PLC 与上位计算机之间及 PLC 与其他职能设备之间的通信。PLC 与计算机可以直接或通过通信处理单元、通信转换器相连构成网络，以实现信息的交换。

1. S7-200 系列 PLC 的网络通信协议

在进行网络通信时，通信双方必须遵守约定的规程，这些为交换信息而建立的规程成为通信协议。

S7-200 系列的 PLC 主要用于现场控制，在主站和从站之间的通信可以采用 3 个标准化协议和 1 个自由口协议。

PPI（Point to Point Interface）协议，也就是点对点接口协议。

MPI（Multi Point Interface）协议，也就是多点接口协议。

PROFIBUS 协议，用于分布式 I/O 设备的高速通信。

用户定义的协议，也就是自由口协议。

其中的 PPI 协议是 SIEMENS 公司专为 S7-200 系列 PLC 开发的通信协议，是主/从协议，利用 PC/PPI 电缆，将 S7-200 系列的 PLC 与装有 STEP-7 Micro/WIN32 编程软件的计算机连接起来，组成 PC/PPI（单主站）的主/从网络连接。本节只介绍 PPI 协议。

网络中的 S7-200 PLC CPU 均为从站，其他 CPU、编程器或人机界面 HMI（如 TD200 文本显示器）为主站。

如果在用户程序中指定某个 S7-200 PLC CPU 为 PPI 主站模式，则在 RUN 工作方式下，可以作为主站，它可以用相关的通信指令读写其他 PLC 中的数据；与此同时，还可以作为从站响应来自于其他主站的通信请求。对于任何一个从站，PPI 不限制与其通信的主站的数量，但是在网络中最多只能有 32 个主站。

2. 通信设备

（1）通信端口。S7-200 系列 PLC 中的 CPU226 型有 2 个 RS-485 端口，外形为 9 针 D 型，分别定义为端口 0 和端口 1，作为 CPU 的通信端口，通过专用电缆可与计算机或其他职能设备及 PLC 进行数据交换。

（2）网络连接器。网络连接器用于将多个设备连接到网络中。一种是连接器的两端只是个封闭的 D 型插头，可用来两台设备间的一对一通信；另一种是在连接器两端的插头上还设有敞开的插孔，可用来连接第三者，实现多设备通信。

（3）PC/PPI 电缆。用此电缆连接 PLC 主机与计算机及其他通信设备，PLC 主机侧是 RS-485 接口，计算机侧是 RS-232 接口。当数据从 RS-232 传送到 RS-485 时，PC/PPI 电缆是发送模式，反之是接收模式。

3. 通信指令

在 S7-200 系列 PLC 的特殊继电器 SM 中，SMB30（SMB130）是用于设定通信端口 0（通信端口 1）的通信方式。由 SMB30（SMB130）的低 2 位决定通信端口 0（通信端口 1）的通信协议。只要将 SMB30（SMB130）的低 2 位设置为 2#10，就允许该 PLC 主机为 PPI 主站模式，可以执行网络读/写指令，用于 S7-200 PLC CPU 之间的联网通信。网络读/写指令只能由在网络中充当主站的 CPU 执行，或者说只给主站编写读/写指令，就可从其他从站通信了；从站 CPU 不必做通信编程，只需准备通信数据，让主站读/写（取送）有效即可。

在 S7-200 的 PPI 主站模式下，网络通信指令有两条：NETR 和 NETW。

网络读指令 NETR（Net Read），如图 3-44 所示。网络读指令通过指定的通信口（主站上 0 口或 1 口）从其他 CPU 中制定地址的数据区读取最多 16B 的信息，存入本 CPU 中指定地址的数据区。

在梯形图中，网络读指令功能框形式编程，指令的名称为 NETR。当允许输入 EN 有效时，初始化通信操作，通过指定的端口 PORT，从远程设备接受数据，将数据表 TBL 所指定的远程设备区域中的数据读到本 CPU 中。TBL 和 PORT 均为字节型，PORT 为常数。

PORT 处常数只能是 0 或 1，如是 0，就要将 SMB30 的低 2 位设置为 2#10；如是 1，就

要将 SMB130 的低 2 位设置为 2#10，这里要与通信端口的设置保持一致。

TBL 处的字节是数据表的起始字节，可以由用户自己设定，但起始字节定好后，后面的字节就要连接使用，形成列表，且每字节都有自己的任务。

在语句表中，NETR 指令的格式为 NETR TBL，PORT。

网络写指令 NETW（Net Write），如图 3-45 所示。网络写指令通过指定的通信口（主站上 0 口或 1 口），把本 CPU 中指定地址的数据区内容写到其他 CPU 中指定地址的数据区内，最多可以写 16B 的信息。

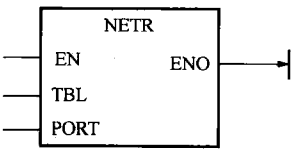


图 3-44　NETR 梯形图符号

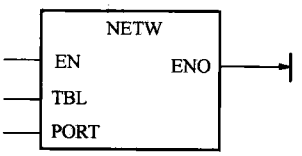


图 3-45　NETW 梯形图符号

在梯形图中，网络写指令以功能框形式编程，指令的名称为 NETW。当允许输入 EN 有效时，初始化通信操作，通过指定的端口 PORT，将数据表 TBL 所指定的本 CPU 区域中的数据发送到远程设备中。TBL 和 PORT 均为字节型，PORT 为常数。数据表（TBL）的格式见表 3-40。

表 3-40　　数据表（TBL）格式

字节偏移地址	字节名称	描　　述
0	状态字节	反映网络通信指令的执行状态及错误码
1	远程设备地址	被访问的 PLC 从站地址
2	远程设备的数据指针	被访问数据的间接指针 指针可以指向 I、Q、M 和 V 数据区
3		
4		
5		
6	数据长度	远程设备被访问的数据长度
7	数据字节 0 数据字节 1 … 数据字节 15	执行 NETR 指令后，存放从远程设备接收的数据 执行 NETW 指令前，存放要向远程设备发送的数据
8		
⋮		
22		

NETW 指令最多可以从远程设备上接受 16B 的信息。

在语句表中，NETW 指令的格式：NETW TBL,PORT。在一个应用程序中，使用 NETR 和 NETW 指令的数量不受限制，但是不能同时激活 8 条以上的网络读/写指令（例如：同时激活 6 条 NETR 和 3 条 NETW 指令）。

数据表 TBL 共有 23B，表头（第一字节）是状态字节，它反映网络通信指令的执行状态及错误码，各个位的意义如下：

MSB　　LBS

D	A	E	O	E1	E2	E3	E4

D 位：操作完成位；　　0：未完成；　　1：已经完成；

A 位：操作排队有效；　　0：无效；　　1：有效；

E 位：错误标志位；　　0：无错误；　　1：有错误。

E1，E2，E3，E4 为错误编码。如果执行指令后，E 位为 1，则由 E1E2E3E4 反应一个错误码，错误编码见表 3-41。

表 3-41　　错 误 编 码

E1E2E3E4	错误码	说　　明
0000	0	无错误
0001	1	时间溢出错误：远程设备不响应
0010	2	接收错误：奇偶校验错，响应时或检查时出错
0011	3	离线错误：相同的站地址或无效的硬件引发冲突
0100	4	队列溢出错误：同时激活了 8 个以上的网络通信指令
0101	5	违反通信协议：没有在 SMB30 中设置允许 PPI 协议而使用网络指令
0110	6	非法参数：NETR 或 NETW 中包含有非法或无效的值
0111	7	没有资源：远程设备忙，如正在上装或下装程序
1000	8	第 7 层错误：违反应用协议
1001	9	信息错误：错误信息的数据地址或不正确的数据长度

四、PID 回路控制指令

在过程控制中，经常涉及模拟量的控制，如温度、压力和流量控制等。为了使控制系统稳定、标准，要对模拟量进行采样检测，形成闭环控制系统。检测的对象是被控物理量的实际数值，也称为过程变量；用户设定的调节目标值也称为给定值。控制系统对过程变量与给定值的差值进行 PID 运算，根据运算结果，形成对模拟量的控制作用。

PID 即比例/积分/微分，在闭环系统中，PID 调节器的控制作用是使系统在稳定的前提下，偏差量最小，并自动消除各种因素对控制效果的扰动。

1. PID 回路表

在 S7-200 系列 PLC 中，通过 PID 回路指令来处理模拟量是非常方便的，PID 功能的核心是 PID 指令。PID 指令需要为其指令一个以 V 变量存储区地址开始的 PID 回路表、PID 回路号。PID 回路表提供了给定、反馈，以及 PID 参数等数据入口，PID 运算的结果也在回路表输出，见表 3-42。

表 3-42　　PID 指 令 回 路 表

偏移地址	参数名	数据格式	类　型	描　　述
0	PVn	双字实数	输入	过程变量当前值，应在 0.0～1.0
4	SPn		输入	给定值，应在 0.0～1.0

续表

偏移地址	参数名	数据格式	类　型	描　　述
8	Mn	双字实数	输入/输出	输出值，应在 0.0～1.0
12	Kc		输入	比例增益，常数，可正可负
16	Ts		输入	采样时间，单位为 s，应为正数
20	TI		输入	积分时间常数，单位为 min，应为正数
24	TD		输入	微分时间常数，单位为 min，应为正数
28	MX		输入/输出	积分项前值，应在 0.0～1.0
32	PV*n*-1		输入/输出	最近一次 PID 运算的过程变量值

PID 回路有两个输入量，即给定值（SP）与过程变量（PV）。给定值通常是固定的值，过程变量是经 A/D 转换和计算后得到的被控量的实测值。给定值与过程变量都是现实存在的值，对于不同的系统，其大小、范围与工程单位有很大的区别。在回路表中它们只能被 PID 指令读取，不能被改写。PID 指令对这些量进行运算之前，还要进行标准化转换。每次完成 PID 运算后，都要更新回路表内的输出值 Mn，它被限制在 0.0～0.1。从手动控制切换到 PID 自动控制方式时，回路表中的输出值可以用来初始化输出值。

增益 Kc 为正时为正作用回路，反之为反作用回路。如果不想要比例作用，应将回路增益 Kc 设为 0.0，对于增益为 0.0 的积分或微分控制，如果积分或微分时间为正，为正作用回路，反之为反作用回路。

如果使用积分控制，上一次的积分值 MX（积分和）要根据 PID 运算的结果来更新，更新后的数值作为下一次运算的输入。MX 也应限制在 0.0～0.1，每次 PID 运算结束时，将 MX 写入回路表，供下一次 PID 运算使用。

2. PID 参数的整定方法

为执行 PID 指令，要对某些参数进行初始化设置，也可称为整定，参数整定对控制效果的影响非常大，PID 控制器有 4 个主要的参数 Ts、Kc、TI 和 TD 需要整定。

在 P、I、D 这三种控制作用中，比例（P）部分与误差在时间上是一致的，只要误差一出现，比例部分就能及时地产生与误差成正比的调节作用，具有及时调节的特点。比例系数 Kc 越大，比例调节作用越强，但过大会使系统的输出量震荡加剧，稳定性降低。

积分（I）部分与误差的大小和误差的历史情况都有关系，只要误差不为零，控制器的输出就会因积分作用而不断变化，一直要到误差消失，系统处于稳定状态时，积分部分才不再变化，因此积分部分可以消除稳态误差，提高控制精度。但是积分作用的动作缓慢，滞后性强，可能给系统的动态稳定性带来不良影响。积分时间常数 TI 增大时，积分作用减弱，系统的动态稳定性可能有所改善，但是消除稳态误差的速度减慢。

微分（D）部分反映了被控量变化的趋势，微分部分根据它提前给出较大的调节作用。它较比例调节更及时，所以微分部分具有超前和预测的特点。微分时间常数 TD 增大时，可能会使超调量减小，动态性能得到改善，但是抑制高频干扰的能力下降。如果 TD 过大，系统输出量可能出现频率较高的震荡。

为使采样值能及时反映模拟量的变化，ts 越小越好。但是 ts 太小会增加 CPU 的运算工作

量，相邻两次采样的差值几乎没有任何变化，所以也不宜将 ts 取得过小。表 3-43 给出过程控制中采样周期的经验数据。

表 3-43　　采样周期的经验数据

被控制量	流量	压力	温度	液位
采样周期（s）	1～5	3～10	15～20	6～8

3. PID 回路控制指令

S7-200 PLC 的 PID 指令没有设置控制方式，执行 PID 指令时为自动方式；不执行 PID 指令时为手动方式。PID 指令的功能是进行 PID 运算。

当 PID 指令的允许输入 EN 有效时无冲击，在转换前必须把当前的手动控制输出值写入回路表的参数 Mn，并对回路表内的值进行下列操作：

使 SP*n*（给定值）=PV*n*（过程变量的当前值）。

使 PV*n*–1（前一次过程变量）=PV*n*（过程变量的当前值）。

使 MX（积分和）=Mn（输出值）。

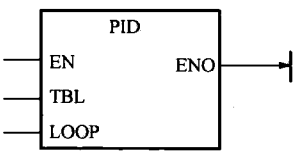


图 3-46　PID 梯形图符号

在梯形图中，PID 指令以功能框的形式编程，指令名称为 PID，如图 3-46 所示。在功能框中有两个数据输入端：TBL 是回路表的起始地址，是由变量寄存器 VB 指定的字节型数据；LOOP 是回路的编号，是 0～7 的常数。当允许输入 EN 有效时，根据 PID 回路表中的输入信息和组态信息，进行 PID 运算。在一个应用程序中，最多可以使用 8 个 PID 控制回路，一个 PID 控制回路只能使用 1 条 PID 指令，不同的 PID 指令不能使用相同的回路编号。

第八章
西门子 S7-200 系列 PLC 基本指令的应用

在理解了 PLC 的工作原理，熟悉了 PLC 的结构及指令系统之后，就要开始编写程序了。

本章以 S7-200 系列 CPU 226 为样机，所编写的程序仅供参考，主要是要大家通过学习明确控制要求，了解指令的使用方法，最终实现控制的目的。

第一节　运料小车延时正/反转控制

1. 控制要求

运料小车由三相异步电动机驱动，当按下正转（电动机正转小车前行）启动按钮 SB1 时，如果小车原来处于停止状态，则立即向前运行，直到碰到正向限位开关 SQ1 时停止；如果小车原来处于向后运行状态，则先停止，10s 后小车向前运行，直到碰到正向限位开关 SQ1 时停止。当按下反转（电动机反转小车后退）启动按钮 SB2 时，如果小车原来处于停止状态则立即向后运行，直到碰到反向限位开关 SQ2 时停止；如果小车原来处于向前运行状态，则先停止，10s 后小车向后运行，直到碰到反向限位开关 SQ2 时停止。任何时候按下停止按钮 SB3 时，小车停止运行。

2. 程序设计

（1）根据控制要求，首先要确定 I/O 个数，进行 I/O 分配，进一步定出 PLC 的控制线路图如图 3-47（a）所示。小车运行示意图如图 3-47（b）所示。

（2）控制程序梯形图如图 3-48 所示。

（3）程序的语句表及注释如下：

```
LD      I0.2
LPS
LD      I0.0
AN      M0.0
LD      Q0.0
```

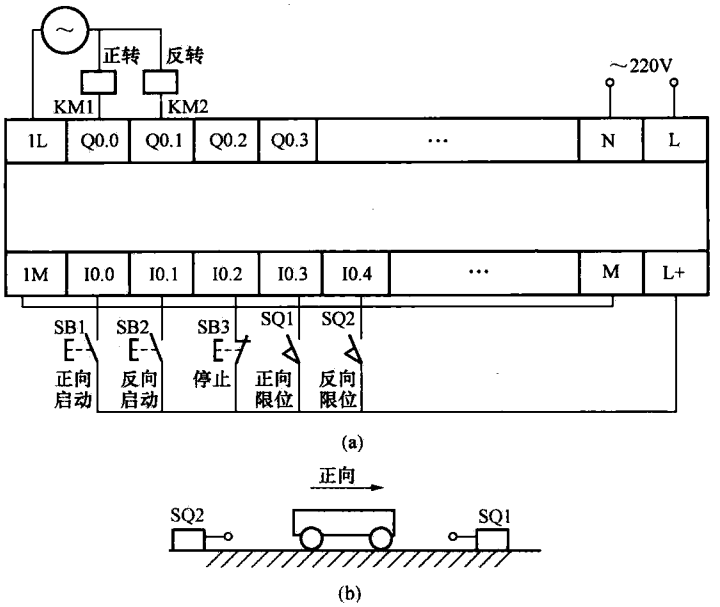


图 3-47　运料小车 PLC 的控制线路图与运行示意图

（a）运料小车 PLC 的控制线路图；（b）小车运行示意图

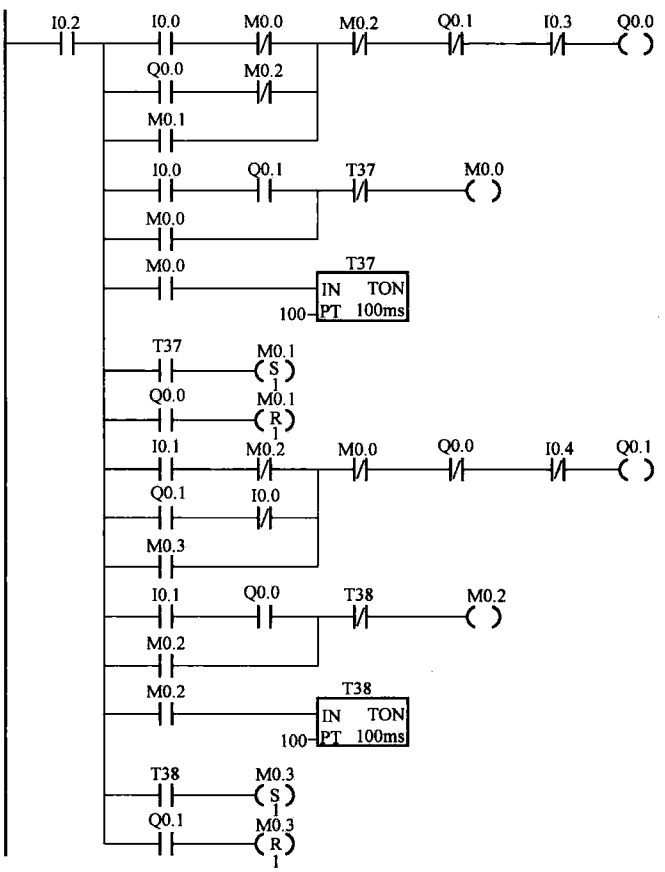


图 3-48　小车运行控制程序梯形图

```
AN      M0.2
OLD
O       M0.1
ALD
AN      M0.2
AN      Q0.1
AN      I0.3
=       Q0.0        //正向控制，如反向正在运行需等 10s 后正向才能启动
LRD
LD      I0.0
A       Q0.1
O       M0.0
ALD
AN      T37
=       M0.0        //按正向按钮，如已有反转要先断开
LRD
LPS
A       M0.0
TON     T37,100     //按正向按钮后经延时再启动
LRD
A       T37
S       M0.1,1
LPP
A       Q0.0
R       M0.1,1
LRD
LD      I0.1
AN      M0.2
LD      Q0.1
AN      I0.0
OLD
O       M0.3
ALD
AN      M0.0
AN      Q0.0
AN      I0.4
=       Q0.1        //反向控制，如正向正在运行需等 10s 后反向才能启动
LRD
LD      I0.1
A       Q0.0
O       M0.2
ALD
AN      T38
=       M0.2        //按反向按钮，如已有正转要先断开
LPP
LPS
A       M0.2
TON     T38,100     //按反向按钮后经延时再启动
```

```
LRD
A       T38
S       M0.3,1
LPP
A       Q0.1
R       M0.3,1
```

第二节　电动机星形—三角形降压启动控制

1. 控制要求

如图 3-49 所示，单台电动机星形—三角形降压启动控制线路图，将其用 PLC 改造，要求画出 PLC 对外接口 I/O 接线图，并写出 PLC 梯形图程序。

2. 程序设计

电动机星形—三角形降压启动是大家都熟悉的一种减压启动方式，体现在方法简单，安装维护方便，经济实惠。控制线路也有很多种，但不管是哪种控制的结果都是一样的，其本质就是 3 个接触器一起工作，先是第一个和第二个一起得电动作，形成电动机的定子绕组呈星形启动，间隔 3s 后第二个失电释放的同时，第三个得电工作，与第一个一起形成电动机的定子绕组呈三角形运行。

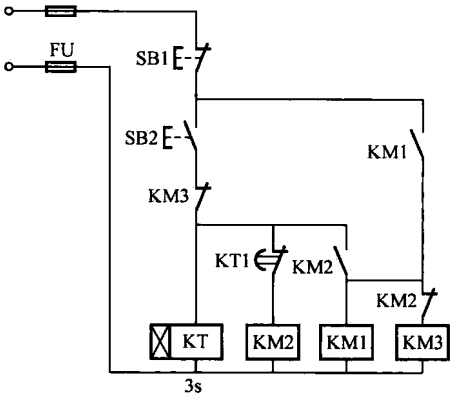


图 3-49　电动机星形—三角形降压启动控制线路图

用 PLC 程序来实现这一控制过程，关键在于最好不要在一个扫描周期内形成 3 个接触器都能得电动作的程序。

（1）根据控制要求，PLC 的 I/O 接线图如图 3-50 所示。

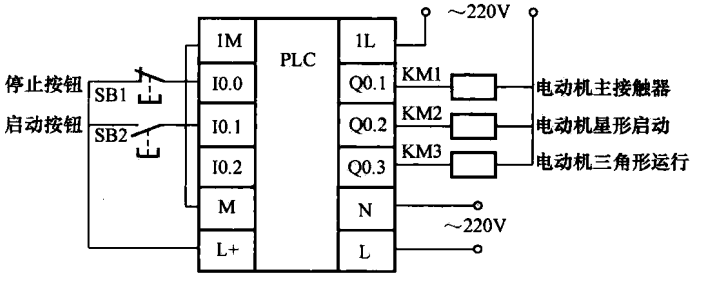


图 3-50　电动机星形—三角形降压启动 PLC 的 I/O 接线图

（2）第一个方案控制程序梯形图如图 3-51 所示。

（3）第二个方案控制程序梯形图如图 3-52 所示。

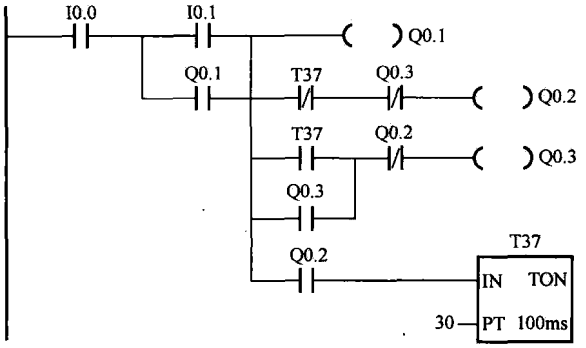


图 3-51　电动机星形—三角形降压启动 PLC 的控制程序梯形图（方案一）

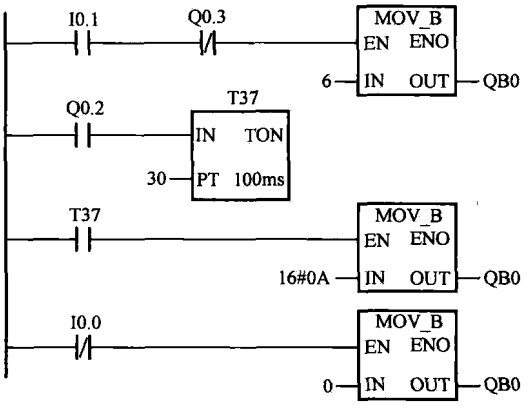


图 3-52　电动机星形—三角形降压启动 PLC 的控制程序梯形图（方案二）

3. 编程总结

由方案一可以看出，①为了使所编的程序都放在一个网络里，便于查找监视，程序的整体结构就会出现头轻脚重，按要求是不允许的一种结构形式，如图 3-51 所示。在一个网络中，将停止按钮放在最前面刚好能形成只有一个程序行与总母线相连的要求，这样给编程者带来方便，但给 PLC 操作系统带来了负担，增加了扫描时间，所以，如程序较长，就不要这样做。②利用 PLC 周期性逐行扫描的特点，使程序既简洁又能实现控制要求，是我们的终极目标。

由方案二可以看出，传送指令的输入信号能使端（EN）所要求的信号类型是脉冲型的，即使所加信号是连续型的，如后面又有传送指令形成，仍然能对其进行覆盖。

第三节　传送带式运输机可重复顺序启动、逆序停止控制

1. 控制要求

设计一种控制系统，能够实现多级带式运输机的可重复延时顺序启动、停止控制，所有传送带式运输机均由三相异步电动机驱动。当按下启动按钮 SB1 时，1 号带式运输机立即启动运行，延时 5s 后，2 号带式运输机启动运行，延时 10s 后，3 号带式运输机启动运行，延时 15s 后，4 号带式运输机启动运行。任何时候按下制动按钮 SB2，带式运输机逆启动顺序停止，相隔延时均为 8s，直至所有带式运输机均停止运行。在电动机逆序停止过程中，如果按下启动按钮 SB1，则停止过程立即中断，带式运输机按照上述启动规则又可以顺序延时启

动，延时时间从启动按钮按下时刻算起。

2. 程序设计

（1）根据控制要求，首先确定 I/O 点数，进行 I/O 分配，传送带式运输机可重复顺序启动、逆序停止控制 I/O 接口接线图如图 3-53 所示。

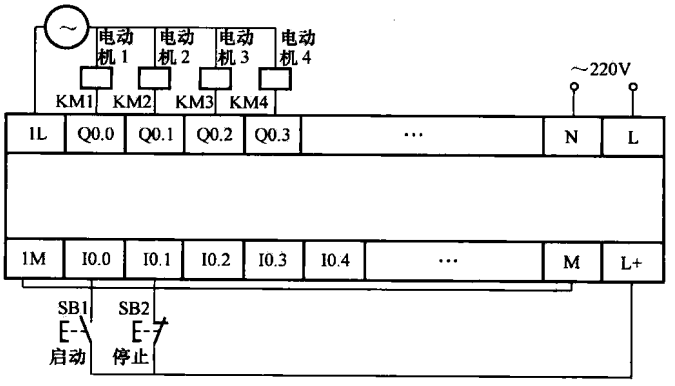


图 3-53　可重复顺序启动、逆序停止控制 I/O 接口接线图

（2）第一方案控制程序梯形图如图 3-54 所示。

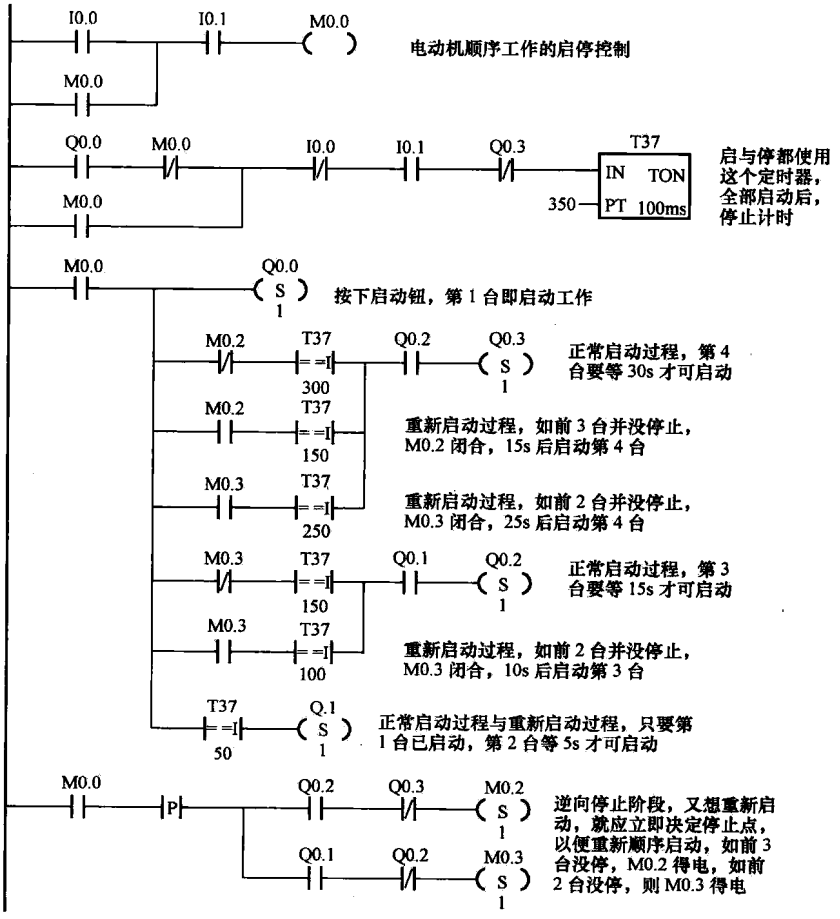


图 3-54　可重复顺序启动、逆序停止控制程序梯形图（一）

（3）第一方案控制程序梯形图如图 3-55 所示。

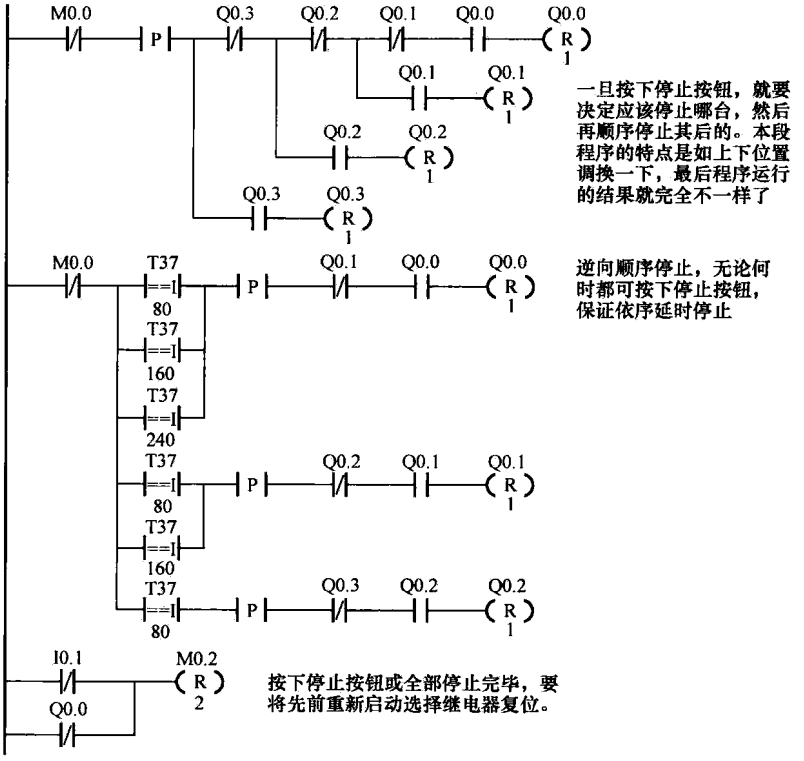


图 3-55　可重复顺序启动、逆序停止控制程序梯形图（二）

3. 编程总结

本例编程难点在于可重复启、停，换句话说就是在启动过程中，按下停止按钮就会马上进入逆序体制；而在停止过程中，按下启动按钮又能继续顺序启动，且所有间隔时间不乱。例如，逆序停止已将 4 号电动机、3 号电动机停止，接着就该是 2 号电动机了，就在此时按下启动按钮 SB1，整个控制过程马上又由制动状态进入启动状态，而且，接下来是延时 10s 启动 3 号电动机，延时 15s 后，4 号电动机也被启动，直至完成启动过程。

方案一中只用了一个时间继电器，所有的延时都由它负责，具体时刻用了比较指令，所以程序中比较指令较多。在程序中使用了上升沿脉冲指令，利用它为其前面的触点信号只保持 ON 状态一个周期的特点来抓转换点。

第四节　顺序控制指令的应用

1. 顺序控制指令介绍

顺序控制指令属于程序控制指令的一种，在前面没有具体介绍，在这里介绍该指令及其应用。

在 S7-200 系列 PLC 中，顺序控制继电器（S0.0～S31.7）专门用于编制顺序控制程序，所以有时将顺序控制指令称为顺序控制继电器指令。

在控制系统中，常常会出现控制过程具有“步”的特点。当一个转移信号发生时，当前的工作状态会发生改变，还会发生两个以上的动作或动作顺序选择，这时使用顺序控制指令

编程就显得简单而又容易很多。因具有“步”的特点，所以在程序执行过程中，某一时刻激活哪一步，哪一步就成为活动步，其他步就处于封闭（不活动）状态。例如，所编的程序是第一步驱动 Q0.0；第二步驱动 Q0.1；第三步驱动 Q0.1 与 Q0.2；当程序激活第二步时，只执行第二步，也就是只驱动 Q0.1，其他步的程序都不执行，更谈不上驱动输出了。

在编写程序时如何搭建“步”，就要使用顺序控制指令。每一步都要使用 3 条指令，这 3 条指令前后呼应，顺序不能颠倒，缺一不可，组成一个固定的程序段。这 3 条指令是：段开始（SCR），段转移（SCRT），段结束（SCRE）。在每一步开始时用段开始指令，接下来是在这段要完成的控制任务，再接下来编段转移程序，也就是一旦某个转移信号出现，就要激活段转移指令，从当前步转移指令所指向的步，最后执行段结束指令，它的功能是结束本步（工作段）程序的运行。表 3-44 列出这 3 条指令的形成及功能。

表 3-44　　顺序控制指令的形成及功能

STL	LAD	功　能	操作对象
LSCR S_bit	S_bit SCR	顺序状态开始	S（位）
SCRT S_bit	S_bit (SCRT)	顺序状态转移	S（位）
SCRE	(SCRE)	顺序状态结束	无

从表 3-44 可以看出，顺序控制指令的操作对象为顺序控制继电器 S，它是唯一专用于顺序控制指令的继电器。一个 S 位可表示一步（段）。共计 256 位（A0.0～31.7）。

（1）段开始指令 SCR：段开始指令的功能是标记一个 SCR 段的开始，其操作数是状态继电器 Sx.y，Sx.y 是当前 SCR 段的标志位，当 Sx.y 为 1 时，允许该 SCR 段工作。

（2）段转移指令 SCRT：段转移指令的功能是将当前的 SCR 段切换到下一个 SCR 段，其操作数是下一个 SCR 段的标志位 Sx.y。当允许输入有效时，进行切换，即停止前一段 SCR 段工作，启动下一个 SCR 段工作。

（3）段结束指令 SCRE：段结束指令的功能是标记一个 SCR 段的结束。每个 SCR 段必须使用段结束指令来表示该段的结束。在梯形图中，段开始指令以功能框的形式编程，指令名称为 SCR，段转移与段结束以线圈形式编程。

2. 顺序控制指令的特点

（1）SCR 指令的操作数只能是顺序控制继电器 Sx.y；反之，S 还可以当做一般继电器来使用。

（2）一个顺序控制继电器 Sx.y 作为 SCR 段的标志位，可以用于主程序、子程序或中断程序中，但是只能使用一次，不能重复使用。

（3）在一个 SCR 段中，禁止使用循环 FOR/NEXT、跳转 JMP/LBL 和条件结束 END 等指令。

（4）转移源自动复位功能：状态发生转移后，置位下一个状态的同时，自动复位原状态。

（5）SCR 段程序能否执行取决于负责该段的顺序控制继电器（S）是否被置位，SCRE 与下一个 SCR 之间的指令逻辑不影响下一个 SCR 段指令的执行。

（6）在状态发生转移后，所有 SCR 段的元器件一般也要复位，如果希望继续输出，可使用置位/复位指令。

（7）每一个 SCR 段都有一个顺序控制继电器 S 的位号，段与段之间编号可以不按顺序安排。

3. 应用举例

（1）控制要求：完全按照例 3 的控制要求，用顺序控制指令来编写程序。

（2）程序设计

1）根据控制要求，首先要确定 I/O 个数，进行 I/O 分配，运输机可重复顺序启动、逆序停止 PLC 控制外部接口线路如图 3-53 所示。

2）运输机可重复顺序启动、逆序停止 PLC 控制程序梯形图如图 3-56 所示。

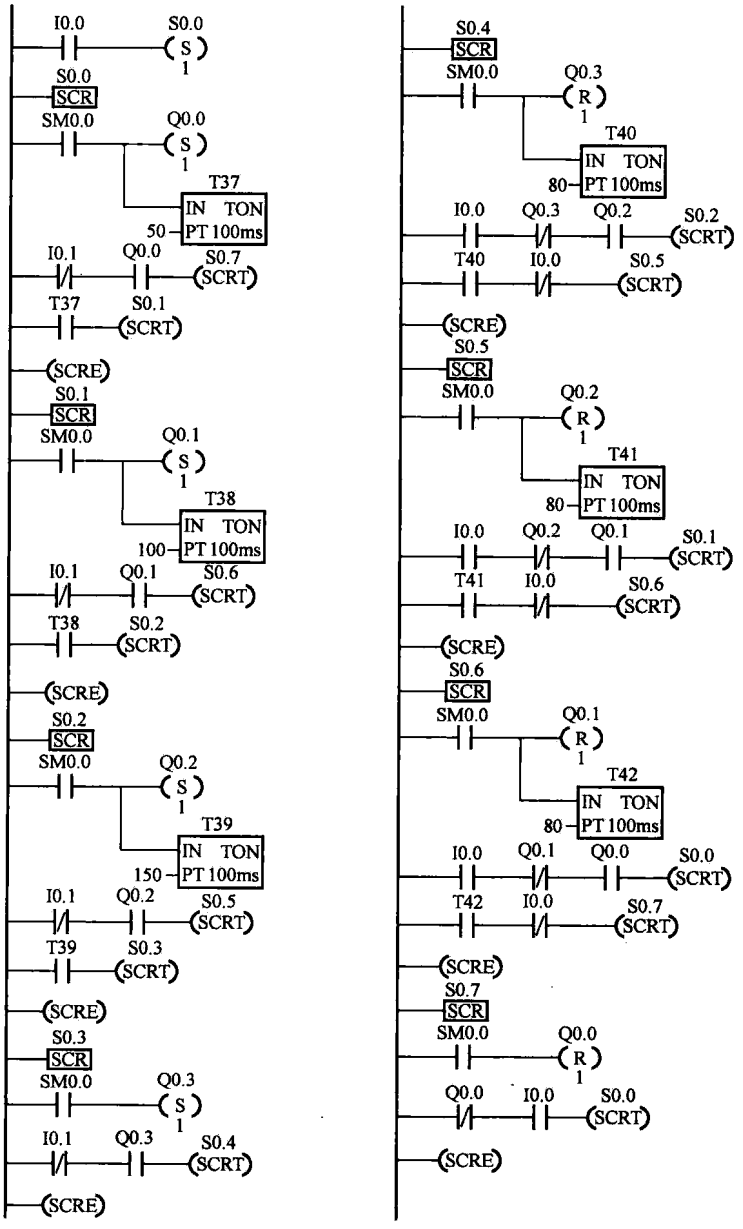


图 3-56　运输机可重复顺序启动、逆序停止 PLC 控制程序梯形图

4. 编程总结

（1）与例 3 中的方案一、方案二相比，尽管实现的控制要求完全一样，用这种语言编写的程序更长一些，但语句简单，规律性极强，容易掌握。

（2）程序刚开始的第一段 SCR，也就是本程序中的 S0.0 位标志的那一段，转这一段的标志位一定要用置位指令，如用一般的线圈指令，也不是不可以，但出现段转移信号时，程序就要开始执行新的一段了，第一段的这个标志位一段要 OFF。看到这里，大家可能会感到疑惑，这个标志位 S0.0 如使用了置位指令，那它又是如何保证程序执行新的一段时，会被复位？原因是这样的，在此刻这个标志位由置位变复位时系统程序来完成的，也就是说，只需要负责搭建，由 PLC 自己来执行。

（3）尽管是分步执行程序，某一时刻只有活动步（段）在工作，但也不能出现双线圈现象。如第一段中出现了线圈 Q0.0，第二段中又出现了线圈 Q0.0，这是绝对不可以的。解决这一问题的办法就是使用置位/复位指令，这样同一个线圈就可以多次出现、通断自由了。

（4）同一编号的时间继电器只能出现一次。如在第一段中使用了 T37 时间继电器，在其他段中就不能再出现了。包括它的触点也不能使用了。这是因为这个时间继电器所处的那一段被转移到另一段后，这个时间继电器就会被关闭，因此，它的触点在其他段中也就没有使用价值了。

（5）同一编号的计数器也只能出现一次，不过计数器与时间继电器是不同的，体现在计数器的状态是可以保持的，尽管计数器所在的步（段）已经封闭（被转移），计数器当前所计的次数及触点状态可以用在其他步（段）中，直到计数器所在的步（段）再一次被激活，并且复位信号已出现，这时计数器才回到原始状态。

（6）某一时刻可以同时激活两个及两个以上步（段），这就是选择、合并、并行、分支，是顺序控制指令出现的结构特点之一。

第五节　运料小车自动装料、卸料控制过程

1. 控制要求

小车可以在 A、B 两地分别启动。小车启动后自动回到 A 地等待装料，若 A 处有物料，装料电磁阀动作，30s 后装料结束，小车自动向 B 地运行。到达 B 处后，停止 1min 等待卸料，然后再自动返回 A 地，如此往复。若 A 处物料已空，则小车返回 A 处后停止运行。小车在运行过程中，均可用手动开关令其停车。两次启动后，小车重复以上过程。小车在前进或后退过程中，分别用指示灯显示行进的方向。

2. 程序设计

（1）根据控制要求，首先要确定 I/O 点数，然后进行 I/O 分配，运料小车运行示意图如图 3-57 所示，运料小车的 PLC 控制外部 I/O 接口线路图如图 3-58 所示。

（2）运料小车的 PLC 控制程序梯形图如图 3-59 所示。

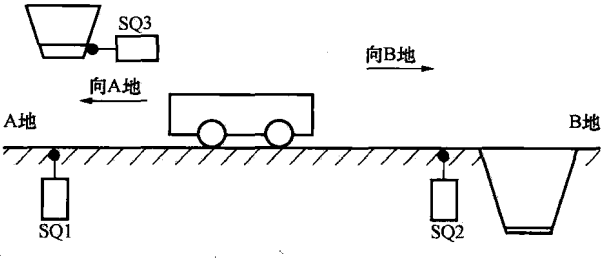


图 3-57　运料小车运行示意图

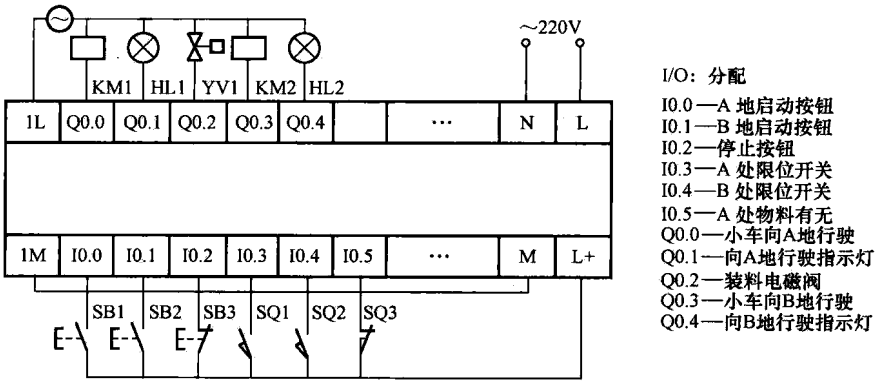


图 3-58　运料小车的 PLC 控制外部 I/O 接口线路图

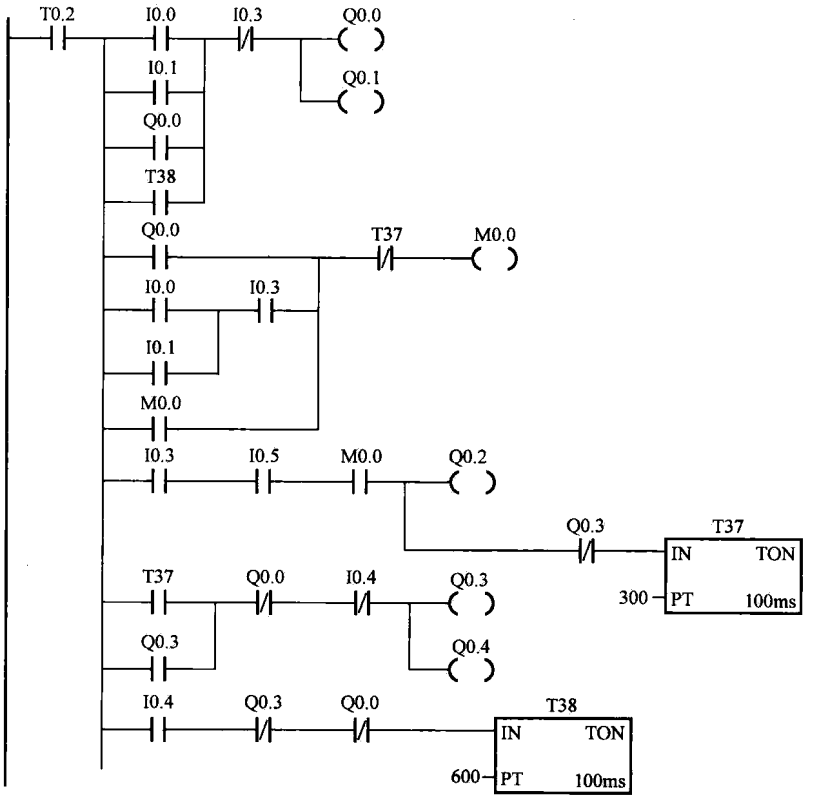


图 3-59　运料小车的 PLC 控制程序梯形图

第六节　四组抢答器程序设计

1. 控制要求

有 4 组抢答器，供 4 位选手使用 4 个抢答按钮；一位主持人，主持人有一个开始抢答按钮，一个系统复位按钮。如果主持人按下“开始抢答”按钮后，4 位选手开始抢答，抢先按下“抢答”按钮的选手的正常抢答指示灯亮，同时选手序号在数码管上显示，而其他 3 位选

手的按钮不起作用。主持人按下“开始抢答”按钮后，开始倒计时，如果 10s 之内没有选手抢答（按下“抢答”按钮），则系统超时指示灯亮，此后不允许再有选手抢答。所有情况下，只要主持人按下“复位”按钮，抢答系统回到初始状态。

此题接线时，一定要注意将选手抢答按钮的动断触点串入其他选手的动合触点线路中，也就是说，每个按钮应具备一组动合触点、三组动断触点，这样才能更加保证抢答的合理性。

2. 程序设计

（1）根据控制要求，首先要确定 I/O 点数，然后进行 I/O 分配，抢答器示意图如图 3-60 所示，抢答器的 PLC 控制外部 I/O 接口线路图如图 3-61 所示。

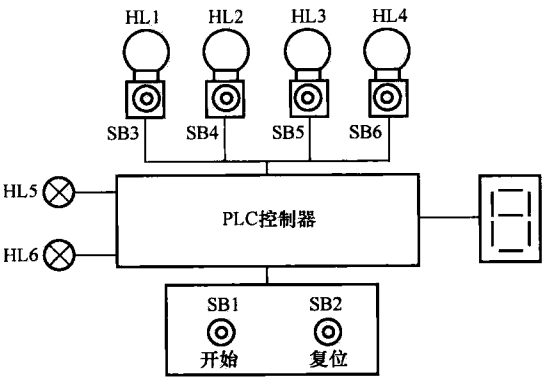


图 3-60　抢答器示意图

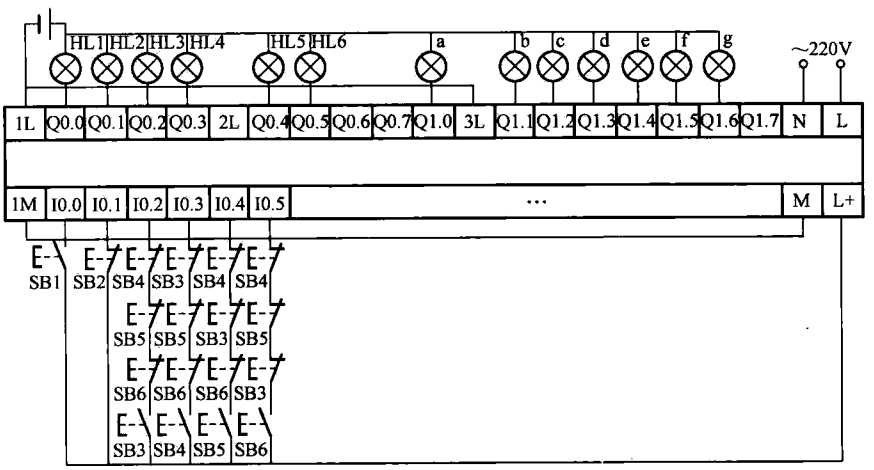


图 3-61　抢答器的 PLC 控制外部 I/O 接口线路图

在图 3-61 中，主持人按“开始抢答”按钮（SB1）对应 I0.0；主持人按“复位”按钮（SB2）对应 I0.1；I0.2～I0.5 对应 4 位选手“抢答”按钮（SB3～SB6）；Q0.0～Q0.3 对应 4 位选手指示灯（HL1～HL4）；Q0.4 对应没人抢答等（HL5）；Q0.5 对应犯规指示灯（HL6）。

（2）抢答器的 PLC 控制程序梯形图如图 3-62 所示。

（3）抢答器的 PLC 控制程序语句表及注释如下：

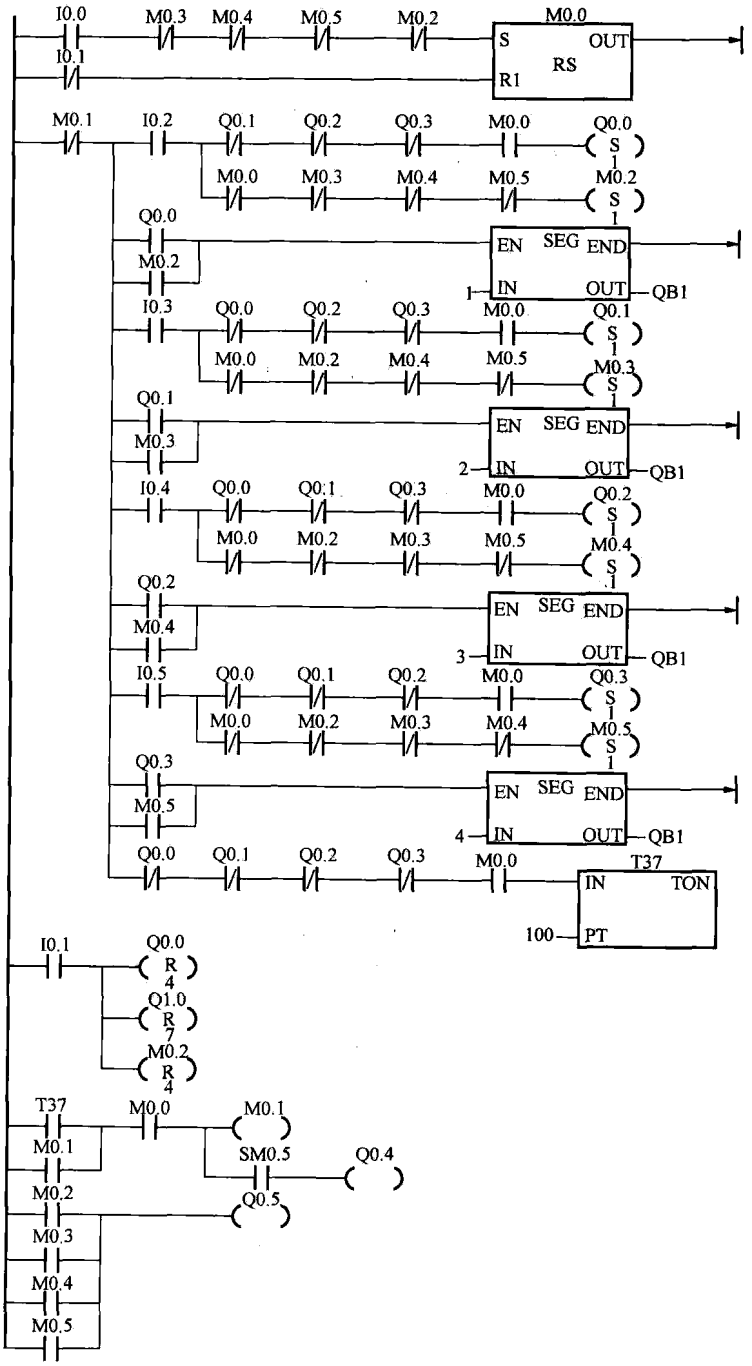


图 3-62　抢答器的 PLC 控制程序梯形图

```
Network 1                    //程序注释
LD      I0.0
AN      M0.3
AN      M0.4
AN      M0.5
AN      M0.2
```

```
LDN      I0.1
NOT
LPS
A        M0.0
=        M0.0          //主持人控制抢答或复位
LPP
ALD
O        M0.0
=        M0.0
Network 2
LDN      M0.1
LPS
A        I0.2
LPS
AN       Q0.1
AN       Q0.2
AN       Q0.3
A        M0.0
S        Q0.0,1        //1 号选手正常抢答
LPP
AN       M0.0
AN       M0.3
AN       M0.4
AN       M0.5
S        M0.2,1        //1 号选手犯规抢答
LRD
LD       Q0.0
O        M0.2
ALD
SEG      1,QB1         //1 号选手数码显示

LRD
A        I0.3
LPS
AN       Q0.0
AN       Q0.2
AN       Q0.3
A        M0.0
S        Q0.1,1        //2 号选手正常抢答
LPP
AN       M0.0
AN       M0.2
AN       M0.4
AN       M0.5
S        M0.3,1        //2 号选手犯规抢答
LRD
LD       Q0.1
O        M0.3
ALD
SEG      2,QB1         //2 号选手数码显示
LRD
A        I0.4
LPS
AN       Q0.0
AN       Q0.1
AN       Q0.3
A        M0.0
```

```
S       Q0.2,1      //3 号选手正常抢答
LPP
AN      M0.0
AN      M0.2
AN      M0.3
AN      M0.5
S       M0.4,1      //3 号选手犯规抢答
LRD
LD      Q0.2
O       M0.4
ALD
SEG     3, QB1      //3 号选手数码显示

LRD
A       I0.5
LPS
AN      Q0.0
AN      Q0.1
AN      Q0.2
A       M0.0
S       Q0.3,1      //4 号选手正常抢答
LPP
AN      M0.0
AN      M0. 2
AN      M0. 3
AN      M0.4
S       M0. 5,1     //4 号选手犯规抢答
LRD
LD      Q0.3
O       M0.5
ALD
SEG     4, QB1      //4 号选手数码显示
LPP
AN      Q0.0
AN      Q0.1
AN      Q0.2
AN      Q0.3
A       M0.0
TON     T37,100     //无人抢答倒计时

Network 3
   LDN     I0.1
R       Q0.0,4      //按复位按钮，所有点都复位
R       Q1.0,7
R       M0.2,4
Network 4
LD      T37
O       M0.1
A       M0.0
=       M0.1
=       Q0.4        //超时无人抢答指示灯亮
Network 5
LD      M0.2
O       M0.3
O       M0.4
O       M0.5
A       SM0.5       //犯规指示灯亮并闪烁
=       Q0.5
```

第七节　单按钮控制彩灯循环

1. 控制要求

用 1 个按钮控制彩灯循环，第一次按下启动循环，第二次按下停止循环。用另一个按钮控制循环方向，第一次按下左循环，第二次按下右循环，由此交替，预先设定初始状态为 00000101，循环周期为 1s。

2. 程序设计

（1）根据控制要求，首先要确定 I/O 点数，然后进行 I/O 分配，彩灯循环的 PLC 控制外部 I/O 接口线路图如图 3-63 所示。

（2）彩灯循环的 PLC 控制程序梯形图如图 3-64 所示。

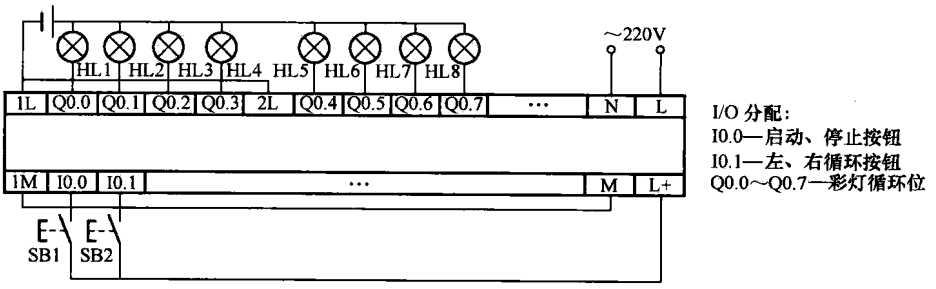


图 3-63　彩灯循环的 PLC 控制外部 I/O 接口线路图

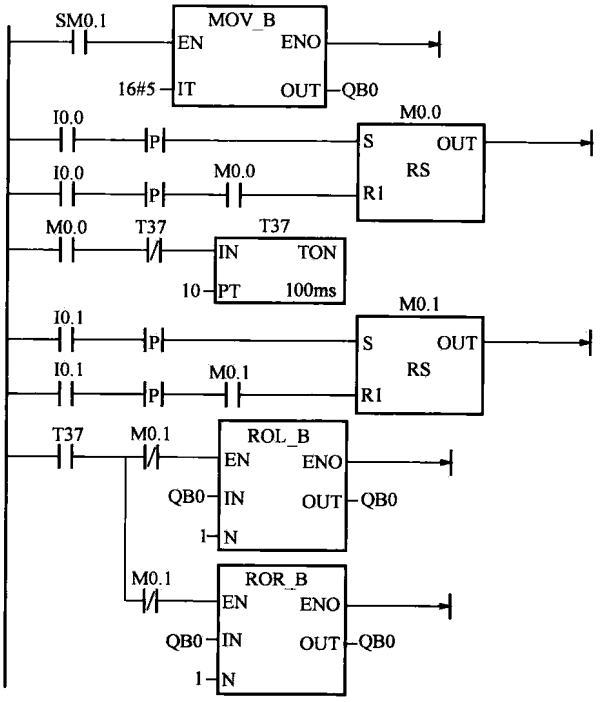


图 3-64　彩灯循环的 PLC 控制程序梯形图

（3）彩灯循环的 PLC 控制程序语句表及注释如下：

```
Network 1                          //程序注释
   LD       SM0.1
   MOVB     16#05,QB0              //将 00000101 送入 QB0 中
Network 2
LD       I0.0
EU
LD       I0.0
EU
A        M0.0
NOT
LPS
A        M0.0
=        M0.0
LPP
ALD
O        M0.0
=        M0.0                      //控制启动与停止
Network 3
LD       M0.0
AN       T37
TON      T37,10                    //定循环周期
Network 4
   LD       I0.1
EU
LD       I0.1
EU
A        M0.1
NOT
LPS
A        M0.1
=        M0.1
LPP
ALD
O        M0.1
=        M0.1                      //决定左移或右移
Network 5
LD       T37
LPS
A        M0.1
RLB      QB0,1                     //左移
LPP
AN       M0.1
RRB      QB0,1                     //右移
```

第八节　洗衣机自动控制程序设计

1. 控制要求

初始状态：洗衣机没有任何信号输出，处于静止状态。

合上洗衣机启动开关 SA1：①开始注水，进水电磁阀 KV1 工作，待水位到达满水位（水位设定值）位置时，水位开关 SL2 闭合，此时低水位位置的水位开关 SL1 也肯定闭合，电磁阀 KV1 断电，停止进水，洗衣机开始正转，正转 10s 后，停止 5s，洗衣机开始反转，反转 10s 后，停止 5s，如此正反转再重复两次，共 3 次，停止转动。②开始排水，排水电磁阀 KV2 开始工作，待水位下降至低水位位置的水位开关 SL1 以下时，停止排水，排水电磁阀 KV2 断电。洗衣机又重新开始注水，重复①的工作过程，然后再排水，再重复①的工作过程，然后再排水，共计 3 次。③第 3 次排水后，待水位下降至低水位位置的水位开关 SL1 以下时，停止排水，排水电磁阀 KV2 断电。洗衣机进入脱水阶段，脱水时间共 5s，然后结束全部工作过程。④无论何时合上洗衣机停止开关 SA2，停止当前操作，回到初始状态。

2. 程序设计

（1）根据控制要求，首先要确定 I/O 点数，然后进行 I/O 分配，如图 3-65 为洗衣机工作示意图，洗衣机自动洗衣的 PLC 控制外部 I/O 接口线路图如图 3-66 所示。

（2）洗衣机自动洗衣的 PLC 控制程序梯形图如图 3-67 所示。

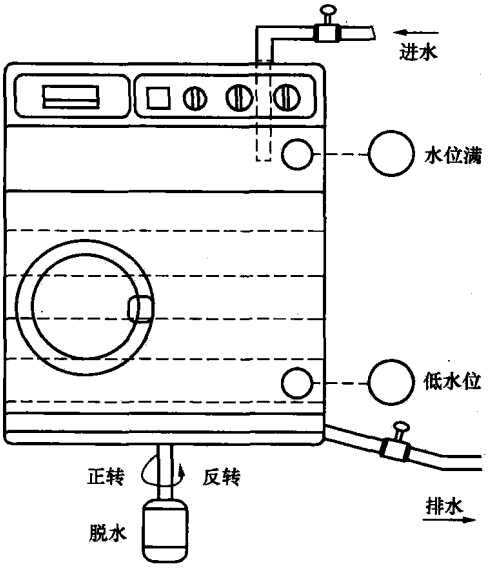
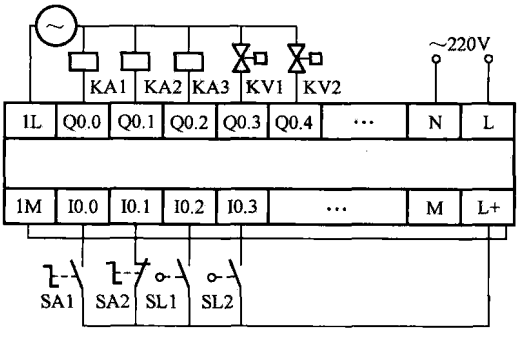


图 3-65　洗衣机工作示意图



I/O 分配：

I0.0—启动开关	Q0.0—洗衣机正转
I0.1—停止开关	Q0.1—洗衣机反转
I0.2—低水位开关	Q0.2—洗衣机脱水
I0.3—高水位开关	Q0.3—进水电磁阀
	Q0.4—排水电磁阀

图 3-66　洗衣机自动洗衣的 PLC 控制外部 I/O 接口线路图

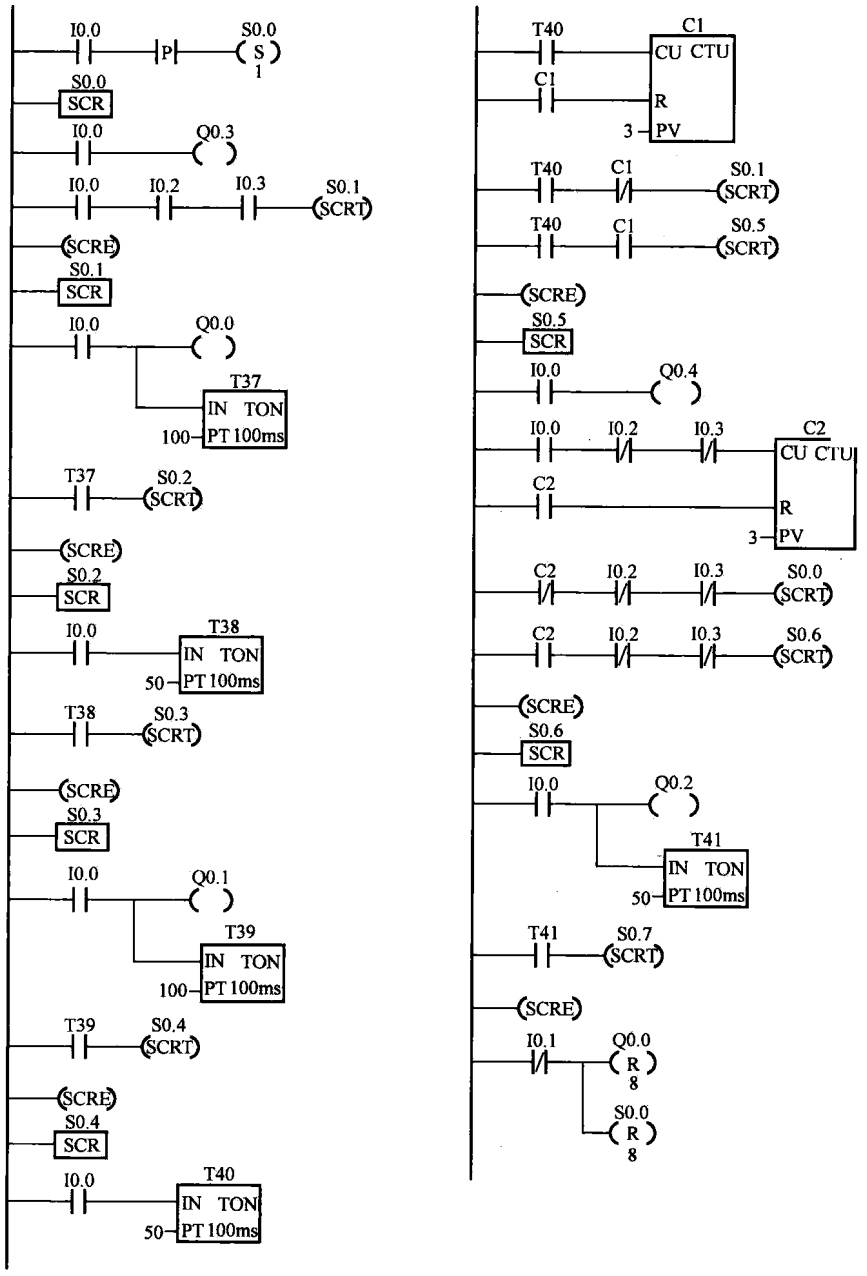


图 3-67　洗衣机自动洗衣的 PLC 控制程序梯形图

（3）洗衣机自动洗衣的 PLC 控制程序语句表及注释如下：

```
    Network1              //程序注释
LD        I0.0            //开启启动按钮
EU
S         S0.0,1          //启动顺序控制程序的第一步
Network2
LSCR      S0.0
```

```
    Network3
    LD        I0.0
    =         Q0.3        //启动进水电磁阀
    Network4
    LD        I0.0
    A         I0.2
    A         I0.3
SCRT     S0.1             //当水位已经超过设定水位，出现步转移
    Network5
    SCRE
    Network6
    LSCR      S0.1
Network7
LD        I0.0
=         Q0.0             //新的一步，洗衣机开始进水
TON      T37,+100          //正转 10s
    Network8
    LD       T37
    SCRT     S0.2
    Network9
    SCRE
    Network10
    LSCR     S0.2
    Network11
LD        I0.0
TON      T38,+50           //新的一步，洗衣机静止 5s
Network12
LD       T38
    SCRT     S0.3          //5s 后出现步转移
    Network13
    SCRE
    Network14
    LSCR     S0.3
    Network15
LD        I0.0
=         Q0.1             //新的一步，洗衣机开始反转
TON      T39,+100          //反转 10s
    Network16
LD       T39
    SCRT     S0.4          //10s 后出现步转移
Network17
SCRE
    Network18
LSCR     S0.4
    Network19
LD        I0.0
```

```
TON      T40,+50        //新的一步，洗衣机静止 5s
    Network20
    LD        T40
    LD        C1
    CTU       C1,3
    Network21
    LD        T40
    AN        C1
    SCRT      S0.1       //没到 3 次，自动返回
Network22
LD        T40
    A         C1
    SCRT      S0.5       //到 3 次，转移到新的一步
    Network23
    SCRE
    Network24
LSCR      S0.5
    Network25
LD        I0.0
=         Q0.4           //新的一步，洗衣机开始排水
    Network26
    LD        I0.0
    AN        I0.2
AN        I0.3
CTU       C2,3           //排水过程计数，共计 3 次
Network27
LDN       C2
    AN        I0.2
AN        I0.3
SCRT      S0.0           //没到 3 次，回到最初步，重新加水继续洗
    Network28
LD        C2
    AN        I0.2
AN        I0.3
SCRT      S0.6           //到 3 次，出现步转移
    Network29
    SCRE
    Network30
    LSCR      S0.6
    Network31
LD        I0.0
=         Q0.2           //新的一步，洗衣机开始脱水
TON       T41,+50        //脱水 5s
Network32
LD        T41
SCRT      S0.7           //脱水 5s 后，全部洗衣过程结束
```

```
Network33
SCRE
Network34
LDN     I0.1
R       S0.0,8
R       Q0.0,8
```

第九节　高速计数器应用程序——自动打包机控制系统

1. 控制要求

包装箱用传送带输送，当箱体到达检测传感器 A 时，计数器开始计数。2000 个脉冲过后，箱体刚好到达封箱机下开始封箱，此时传送带并没有停止，而是继续运转，即在封箱过程中，箱体还在前行。假设封箱过程共用 300 个脉冲，然后封箱机停止工作。箱体继续前行，当计数脉冲又累加 1500 个时，喷码机开始工作，自动喷码开始。假设喷码需用 5s 完成，喷码结束后，整个自动打包工作过程结束。

2. 程序设计

（1）根据控制要求，首先要确定 I/O 点数，然后进行 I/O 分配。通过本例，大家应了解和掌握高速计数器水位编程大致需用哪些初始化指令，确定好模式后，按照所开通的高速计数器的号数，把旋转编码器与 PLC 输入端的导线接好。本例采用的模式是 9，开通 0 号高速计数器，所以将旋转编码器的 U、V 相分别接到 I0.0 和 I0.1 即可。如图 3-68 为箱体自动打包工作过程示意图，箱体自动打包的 PLC 控制外部 I/O 接口线路图如图 3-69 所示。

（2）箱体自动打包的 PLC 控制程序梯形图如图 3-70 所示。

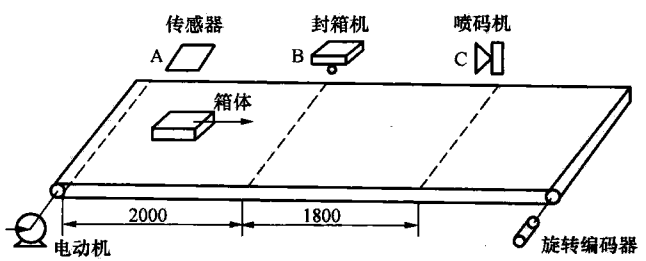


图 3-68　箱体自动打包工作过程示意图

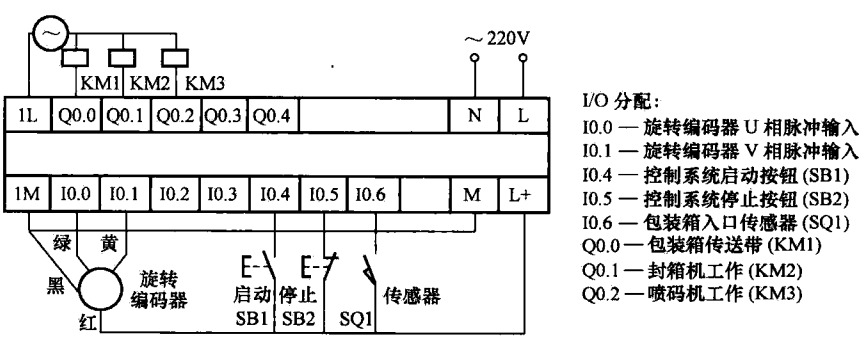


图 3-69　箱体自动打包的 PLC 控制外部 I/O 接口线路图

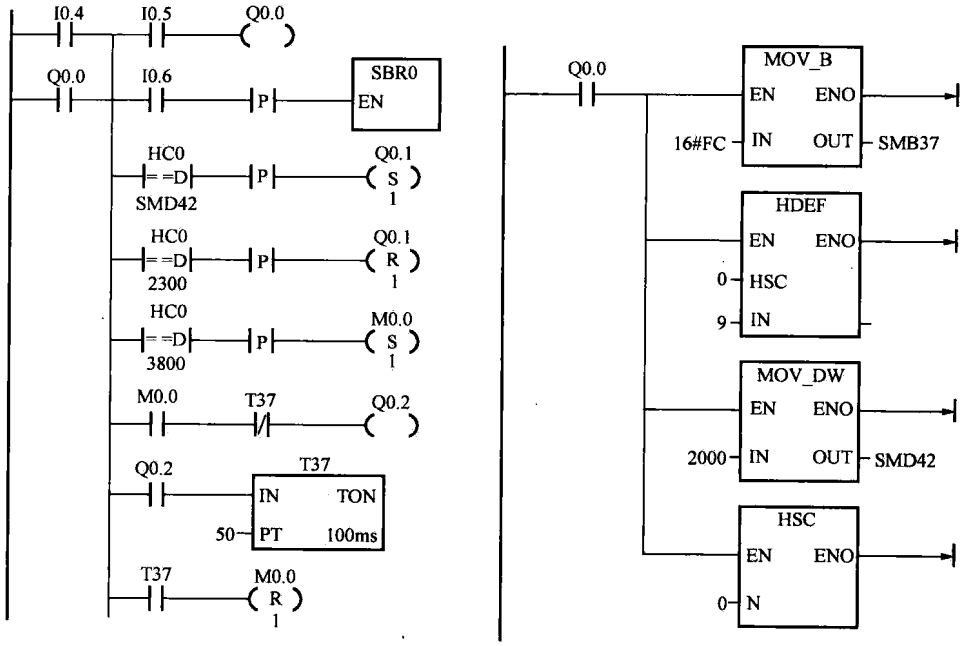


图 3-70　箱体自动打包的 PLC 控制程序梯形图

（3）箱体自动打包的 PLC 控制程序语句表及注释如下：

主程序：

```
    Network1                    //程序注释
    LD      I0.4
    O       Q0.0
    LPS
    A       I0.5
    =       Q0.0                //启动传送带电动机
    LRD
    A       I0.6
    EU
    CALL    SBR0                //转入子程序，初始化设置
    LRD
    AD=     HC0,SMD42
    EU
S       Q0.1,1                  //当计数脉冲个数与设定值相等时，开始封箱
LRD
AD=     HC0,2300
EU
R       Q0.1,1                  //停止封箱机工作
LRD
AD=     HC0,3800
EU
S       M0.0,1                  //当计数到 3800 个脉冲时，喷码开始
LRD
A       M0.0
```

```
AN      T37
=       Q0.2            //启动喷码机
LRD
A       Q0.2
TON     T37,50          //喷码过程所用时间
LPP
A       T37
R       M0.0,1          //喷码结束
```

子程序：

```
Network1
LD      Q0.0
MOVB    16#FC,SMB37     //给高速计数器定工作状态
HDEF    0,9             //决定使用 0 号高速计数器，用第 9 个模式
MOVD    2000，SMD42     //给高速计数器设定值
HSC     0               //开通 0 号高速计数器
```

3. 编程总结

高速计数器功能指令是目前PLC的强大功能应用指令之一，常用于控制位移量和速度等。程序一旦编好，将 PLC 的某个输入点作为高速计数器信号的输入点，此点输入信号就可以“畅通无阻”，不受扫描周期的限制，最高频率可达 30kHz。在硬件接线方面，大多数都采用旋转编码器作为 PLC 的高频输入信号，所以只要将编码器的电源线、脉冲信号线与 PLC 的相应位置接好即可。编程方面，有几个功能指令是必须用的：

（1）定控制字节。

（2）定工作模式。

（3）定高速计数器的号别，定设定值和当前值（可有可无）。

本例将上述 3 项都放在子程序中，初始化激活即可，绝不可以每次都去扫描这 3 项，否则高速计数器就无法进行计数了。具体利用高速计数器的码数干什么，就看控制要求了。

第十节　人行交通信号灯控制

1. 控制要求

这是一条公路与一条人行横道之间的信号灯顺序控制，没有人横穿公路时，公路绿灯与人行横道的红灯始终都是亮着的，当有人要横过公路时，按路边设有的按钮（两侧均有）SB1 或 SB2，15s 后，公路绿灯灭、黄灯亮，再过 10s 黄灯灭，红灯亮；再过 5s 人行道红灯灭、绿灯亮，绿灯亮 10s 后又闪烁 4.5s，然后人行横道红灯亮，再过 5s 公路红灯灭、绿灯亮。在整个过程中按路边按钮是不起作用的，只有在整个过程结束后即公路绿灯亮、人行横道红灯亮时，再按按钮才起作用，重复上述过程。

2. 程序设计

（1）根据控制要求，首先要确定 I/O 点数，然后进行 I/O 分配，如图 3-71 为交通信号灯时序图，交通信号灯的 PLC 控制外部 I/O 接口线路图如图 3-72 所示。

（2）交通信号灯的 PLC 控制程序梯形图如图 3-73 所示。

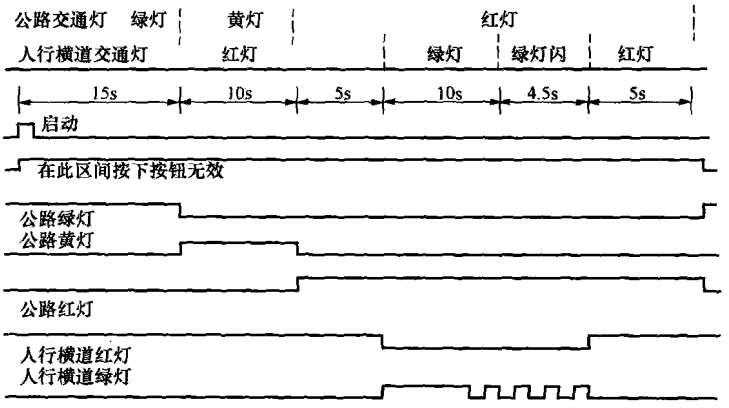


图 3-71 交通信号灯时序图

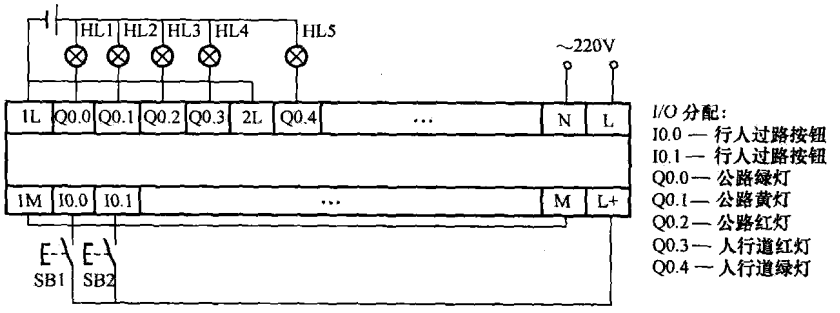


图 3-72 交通信号灯的 PLC 控制外部 I/O 接口线路图

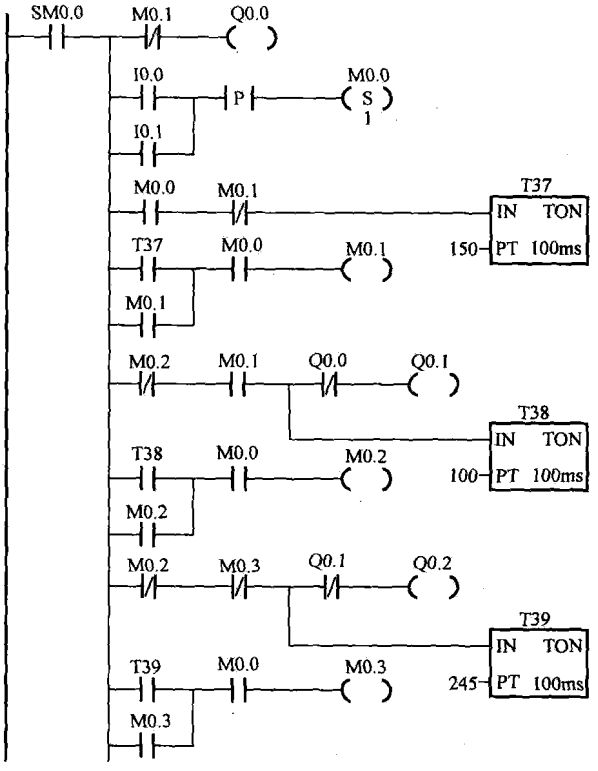


图 3-73 交通信号灯的 PLC 控制程序梯形图（一）

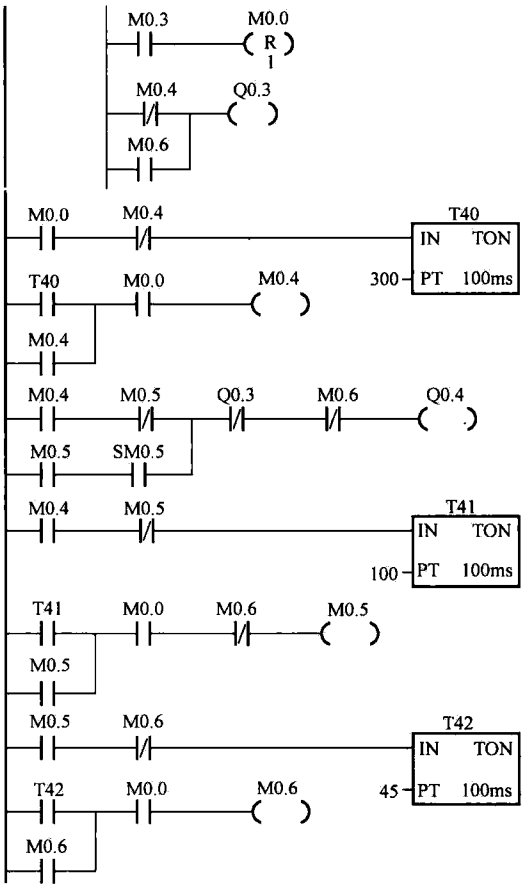


图 3-73　交通信号灯的 PLC 控制程序梯形图（二）

（3）交通信号灯的 PLC 控制程序语句表及注释如下：

```
Network1                    //程序注释
LD        SM0.0
LPS
AN        M0.1
=         Q0.0              //公路绿灯
LRD
LD        I0.1
O         I0.1
ALD
EU
S         M0.0,1            //建立人行过路信号
LRD
A         M0.0
AN        M0.1
TON       T37,150           //建立人行过路信号后延时 15s 过路绿灯灭
LRD
LD        T37
O         M0.1
ALD
```

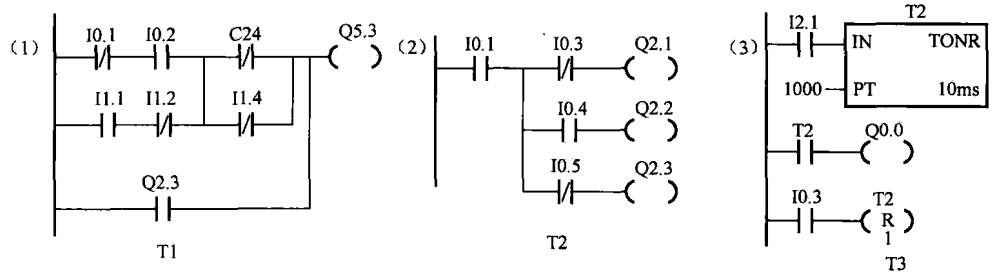
```
A       M0.0
=       M0.1        //断开过路绿灯
LRD
AN      M0.2
A       M0.1
LPS
AN      Q0.0
=       Q0.1        //公路黄灯
LPP
TON     38,100      //公路黄灯点亮时间（10s）
LRD
LD      T38
O       M0.2
ALD
A       M0.0
=       M0.2        //断开公路黄灯，点亮公路绿灯
LRD
A       M0.2
AN      M0.3
LPS
AN      Q0.1
=       Q0.2        //公路红灯
LPP
TON     T39,245     //控制公路红灯点亮的时间
LRD
LD      T39
O       M0.3
ALD
A       M0.0
=       M0.3        //控制信号灯时序周期
LPP
A       M0.3
R       M0.0,1      //信号灯时序周期后使按钮有效
Network2            //程序注释
LD      SM0.0
LPS
LDN     M0.4
O       M0.6
ALD
=       Q0.3        //人行横道红灯
LRD
A       M0.0
AN      M0.4
TON     T40,300     //按钮按下后延时 30s 人行横道红灯灭绿灯亮
LRD
LD      T40
O       M0.4
ALD
A       M0.0
=       M0.6        //控制人行横道红灯灭绿灯亮
```

```
LRD
LA      M0.4
AN      M0.5
LD      M0.5
A       SM0.5
OLD
ALD
AN      Q0.3
AN      M0.6
=       Q0.4        //人行横道绿灯
LRD
A       M0.4
AN      M0.5
TON     T41,100     //人行横道绿灯亮后 10s 变闪烁
LRD
LD      T41
O       M0.5
ALD
A       M0.0
AN      M0.6
=       M0.5        //控制人行横道绿灯由亮变闪烁
LRD
A       M0.5
AN      M0.6
TON     T42,45      //人行横道绿灯闪烁时间（4.5s）
LPP
LD      T42
O       M0.6
ALD
A       M0.0
=       M0.6        //人行横道信号灯时序周期结束
```



思考题三

1. 西门子 S7-200 存储器的存储区有哪些软件？
2. 西门子 S7-200 有哪几种编程方式？
3. 写出下列梯形图的语句表。



4. 根据语句表，画出相应的梯形图。

（1）
```
LD   I0.1
AN   I0.2
O    Q0.3
LD1  Q2.1
O    M3.7
AN   11.5
LDN  I0.5
ON   M0.2
ALD
O    I0.4
LPS  Q2.1
EU
=    M3.7
LPP
AN   I0.4
NOT
SI   Q0.3,1
```

（2）
```
LD   I0.1
AN   I0.2
LPS
AN   I0.2
LPS
A    I0.4
=    Q2.1
LPP
A    14.6
LRD
A    I0.5
=    M3.6
LPP
AN   I0.4
TON  T3.7,25
```

5．设计一个延时时间为 2h 的定时器。

6．设计一个 3 个路灯间隔 10s，按 H1→H2→H3 顺序依次点亮的路灯照明系统控制程序。

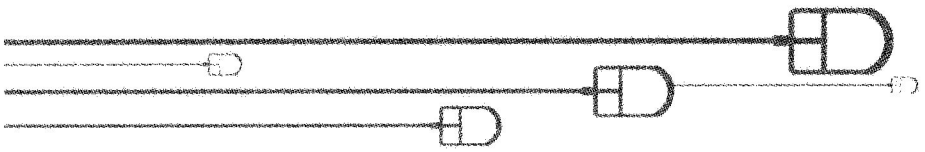
7．用 S7-200 系列 PLC 完成三相异步电动机正/反转控制，其中正向启动按钮 SB1、反向启动按钮 SB2、停止按钮 SB3；正向接触器 KM1、反向接触器 KM2。要求：

（1）列出电动机正/反转控制的 I/O 地址分配表；

（2）画出电动机正/反转控制的 I/O 接线图；

（3）画出电动机正/反转控制的梯形图；

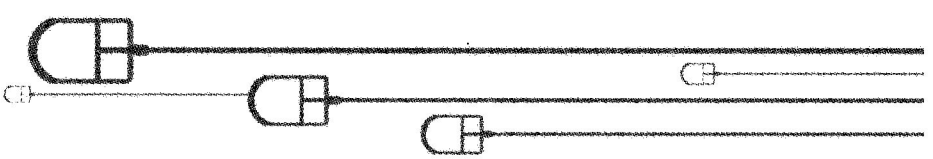
（4）写出电动机正/反转控制的指令。

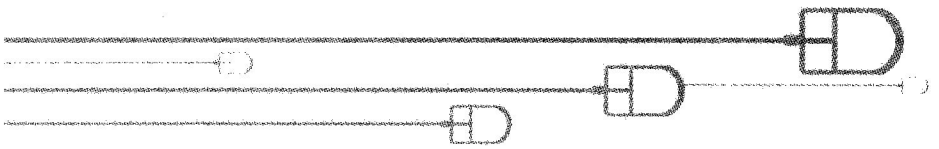


第四篇

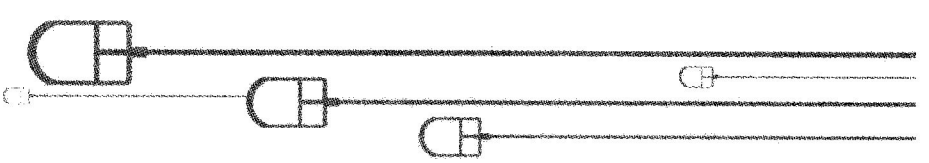


欧姆龙 CQM1H 系列 PLC 的特点与应用





欧姆龙公司的 PLC 产品指令系统功能强大，处理复杂控制的功能强；梯形图编程语言和指令助记符编程语言并重，编程简单，易掌握；特殊功能模块和智能模块品种多、使用方便；网络配置简单、实用，价格低；在市场竞争中具有明显的价格优势，并且伴有良好的售后服务系统，越来越多地被众多用户所看中。本章主要介绍 CQM1H 系列 PLC 的特点与应用。



第九章
欧姆龙 CQM1H 系列 PLC 的概述

CQM1H 系列是欧姆龙公司小型 PLC 的典型代表，其为模块式结构，是 CQM1 的升级产品，最多可插接 11 个模块，有 4 种型号的 CUP 模块可供选择，I/O 点数最多可达 512。内置标准通信 RS-232 接口，方便与上位计算机及其他 PLC 连接，各种 I/O 接口模块可根据控制需要自由组合。

第一节　CQM1H 系列 PLC 的系统配置及 I/O 通道分配

CQM1H 系列 PLC 主要由 CPU 模块、I/O 模块、模拟量 I/O 模块、电源模块、存储器盒及工业标准（DIN）导轨组成。CQM1H 系列 PLC 的 CPU 模块主要性能见表 4-1。

表 4-1　　CQM1H 系列 PLC 的 CPU 模块主要性能

型　号	I/O 点数	程序容量	DM 区域	RS-232 接口	内装板	通信单元
CQM1H-CPU11	256	3.2K 字	3K 字	—	不支持	不支持
CQM1H-CPU21				有		
CQM1H-CPU51	512	7.2K 字	6K 字		支持	支持
CQM1H-CPU61		15.2K 字				

一、CQM1H 系列 PLC 的系统配置

用户可以按照自己的实际需要自由地选择 CPU、I/O 模块、电源等模块，并将它们组合起来，通过各模块两侧的定位锁定开关将彼此固定在一起。在模块组合安装过程中，模块的安装顺序从左向右是：电源模块、CPU 模块、I/O 模块，如果有模拟量模块，必须配一个专用的模拟量电源，安装时，模拟量 I/O 模块必须紧靠着模拟量电源。其硬件系统配置示意图如图 4-1 所示。

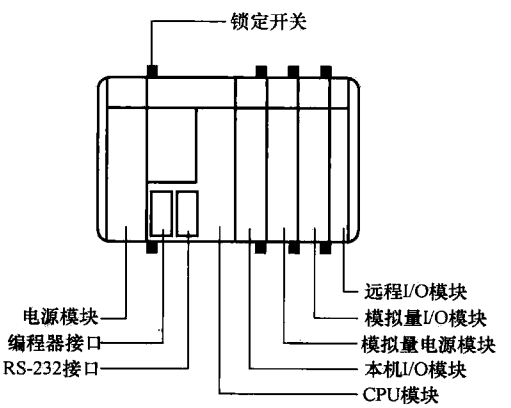


图 4-1　CQM1H 系列 PLC 硬件系统配置示意图

二、CQM1H 系列 PLC 的 I/O 通道分配

1. 数字量 I/O 通道分配

CQM1H 系列 PLC 的 I/O 通道号为固定式，从装在左侧的模块开始向右依次分配通道。

CPU 模块内置的输入端子为 000 通道，与 CPU 模块连接的 I/O 模块的通道号按顺序安排，即多加入的输入模块的通道号从 001 开始，按 002，003，004，…，依次排列，输出模块的通道号则从 100 开始，按 101，102，103，…，依次排列。即使是 8 个点的 I/O 模块也分配一个通道。8 点 I/O 模块位地址的使用情况见表 4-2。

表 4-2　　8 点 I/O 模块位地址的使用情况

模块	0～7 位	8～15 位
输入	输入位	OFF
输出	输出位	工作位

数字量通道分配举例如图 4-2 所示。

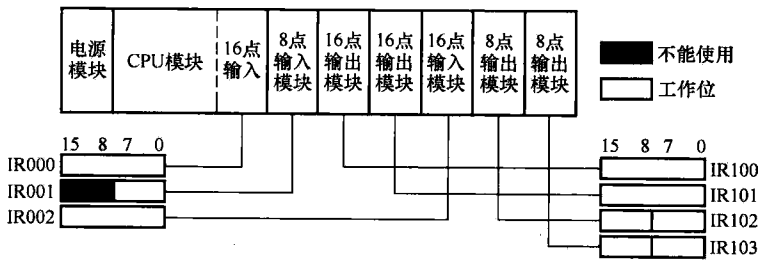


图 4-2　数字量通道分配举例

2. 模拟量输入通道分配

模拟量的输入地址是按模块安装的顺序从左向右分配的。其中，模拟量电源不占用地址，它紧靠在模拟量输入模块的左侧或右侧安装。模拟量输入通道分配举例如图 4-3 所示。

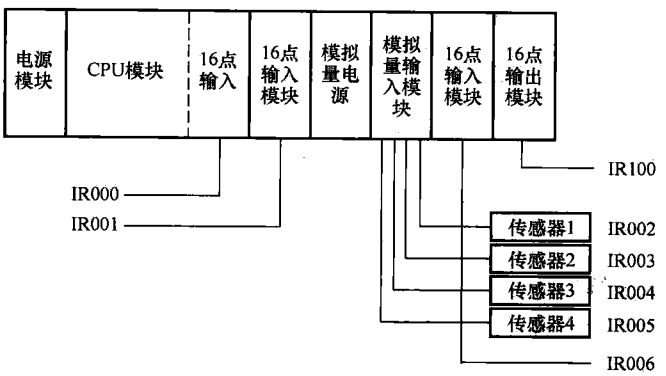


图 4-3　模拟量输入通道分配举例

第二节　CQM1H 系列 PLC 的内部编程元件及其功能

PLC 的内部编程元件就是 PLC 编程时可使用的软元件。由于它们并不是实际的物理元件，因此一般称为软继电器，但习惯上仍然简称为继电器。它们的线圈没有实际物理继电器的工作电压、功耗大小、电磁惯性等问题，触点的使用也没有数量的限制、机械磨损和电蚀等问题。

CQM1H 系列 PLC 的内部编程元件及其编号见表 4-3。

表 4-3　　CQM1H 系列 PLC 的内部编程元件及其编号

名　称		点数	通道号	继电器号	功　能
输入继电器区		256 点	000～015	00 000～01 515	接受外部信号的输入
输出继电器区		256 点	100～115	10 000～11 515	程序处理结果向外部输出
内部辅助继电器区		2528 点	016～089 116～189 216～219 224～229	01 600～08 915 11 600～18 915 21 600～21 915 22 400～22 915	仅供程序内部使用的继电器
宏操作数	输入区 输出区	64 点 64 点	096～099 196～199	09 600～09 915 19 600～19 915	当使用宏指令时，该区域被使用
内板槽 1 区		256 点	200～215	20 000～21 515	可分配给安装在 CQM1H 的 CPU51/61 的槽 1 上的内板
模拟设定区		64 点	220～223	22 000～22 315	安装 CQM1H AVB42 模拟设定板后，用于存储模拟设定
高速计数器 0 的 PV（当前）值		32 点	230～231	23 000～23 115	用于存储内置高速计数器 0 的当前值
内板槽 2 区		192 点	232～243	23 200～24 315	可分配给安装在 CQM1H 的 CPU51/61 的槽 2 上的内板
特殊继电器		184 点	244～255	24 400～25 515	具有特定功能的继电器
暂存继电器		8 点	—	TR0～TR7	用于暂存程序分支点的状态
保持继电器		1600 点	HR00～HR99	HR0000～HR9915	断电时能保持状态的继电器
辅助存储继电器		448 点	AR00～AR27	AR0000～AR2715	具有特定功能的继电器
链接继电器		1024 点	LR00～LR63	LR0000～LR6315	1:1 链接中使用的继电器
定时器/计数器		512 点	TIM/CNT000～TIM/CNT511		定时器和计数器公用相同编号
数据存储区	可读/写	3072 通道	DM000～DM3071		数据存储区以通道为单位使用，电源断电时数据能保持。不能从程序中写入数据到 DM6144～DM6655
		3072 通道	DM3072～DM6143（CPU51/61）		
	只读		DM6144～DM6568		
	出错记录		DN6569～DM6599		
	PC 系统设置区		DM6600～DM6655		

一、欧姆龙 PLC 的数据存储格式

OMRON PLC 采用通道概念存储数据，如图 4-4 所示，存储数据的单元称为通道（CH），也称字。每个存储单元都有 1 个地址，称为通道地址，简称通道号，用 3 位数字表示。每个通道号有 16 位（bit），分别称为 00 位、01 位、02 位、…、15 位。每个位就是一个软继电器（简称继电器），因此一个通道就有 16 个继电器。当某位为逻辑 1 时，该继电器线圈“得电”（ON）；当某位为逻辑 0 时，该继电器线圈“失电”（OFF）。通道也可以用来存储十进制数据，由于十进制数可用特定的二进制编码（BCD 码）表示，因此，当用通道存储十进制数时，每 4 位分成一组，存储一个由 BCD 码表示的十进制数，将 4 位称为 1 个数字位。也就是说，1 个通道有 4 个数字位，可存储 4 位十进制数。

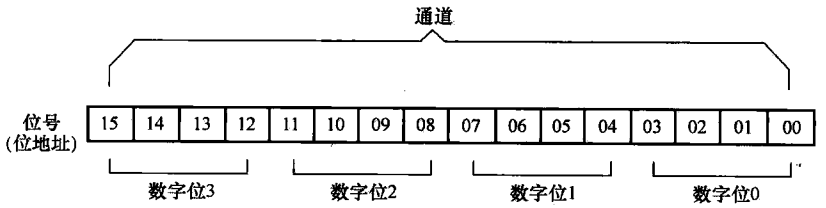


图 4-4 OMRON PLC 的数据存储格式

OMRON PLC 将整个数据存储器分为 9 个区，分别为输入继电器区、输出继电器区、内部辅助继电器区、特殊继电器区、保持继电器区、暂存继电器区、定时器/计数器区、数据存储区、辅助存储继电器区和链接继电器区。

二、输入/输出继电器区

PLC 通过输入继电器区中的各个位于外部的输入物理设备建立联系。当 PLC 扫描到数据输入阶段时，输入点的状态就锁存在输入继电器中。输入继电器为只读继电器，其内容不能用程序改变，而只能由输入点的状态决定。

CQM1H 系列 PLC 输入继电器区有 16 个通道，通道号为 000～015。每个通道有 16 个输入继电器，位号为 00～15。因此一个继电器的编号由两部分组成：一部分是通道号；另一部分是该继电器在通道中的位号。也就是说，某个输入继电器编号要用 5 位数字表示；前 3 位是该继电器所在的通道号，后 2 位是该继电器在通道中的位号。例如，某继电器的编号是 00000，其中前 3 位 000 是通道号，表示是一个输入继电器，后 2 位 00 是位号。又如继电器号 00103，表示第 001 通道的 03 位继电器，也属于输入继电器。

PLC 通过输出继电器区中的各个位与外部输出物理设备建立联系。当 PLC 扫描到数据输出阶段时，输出继电器的状态就送到输出锁存器，经输出电路作用到外接电器上。输出继电器是可读可写的继电器。

CQM1H 系列 PLC 输出继电器区也有 16 个通道，通道号为 100～115。每个通道有 16 个继电器，位号为 00～15，继电器的编号表示方法同输入继电器。如 10000 就表示 100 通道中 00 位继电器，是一个输出继电器。

另外，输入/输出继电器区中未被使用的通道也可以作为内部辅助继电器使用。

三、内部辅助继电器区 IR

内部辅助继电器用作中间变量，与输入端、输出端无对应关系，类似于继电器—接触器控制电路中的中间继电器，其触点只供内部编程使用。使用恰当时，可帮助用户编程，实现复杂的输入与输出间的逻辑关系，从而使 PLC 更好地进行各种复杂控制。内部辅助继电器的多少，从另一个侧面反映了 PLC 的控制性能。通常 PLC 的内部辅助继电器的数量较多，编程时可以任意使用。CQM1H 系列 PLC 内部辅助继电器区的通道号为 016～089、116～189、216～219 及 224～229，可按继电器使用，也可按整个通道使用。继电器编号的表示方法同输入继电器，如 01600 表示 016 通道中的 00 位继电器，是一个内部辅助继电器。无输出点对应的输出继电器，也可作为内部辅助继电器使用。

四、特殊继电器区 SR

特殊继电器用于监测 PLC 工作状态、提供时钟脉冲、给出错误标志等。CQM1H 系列 PLC

中特殊继电器区的通道号为 244～245。特殊继电器区中各位的状态一般由系统程序自动写入，用户只能读取、使用该区中继电器的状态。特殊继电器既可以按通道访问，也可以按位访问。CQM1H 系列 PLC 中特殊继电器的功能见表 4-4。

表 4-4　　CQM1H 系列 PLC 中特殊继电器的功能

字	位	功　　能
SR244	00～15	输入中断 0 计数器模式 SV 当输入中断 0 用于计数器模式时为 SV（4 位十六进制，0000～FFFF），当输入中断不用于计数器模式时不可用作工作位
SR245	00～15	输入中断 1 计数器模式 SV 当输入中断 1 用于计数器模式时为 SV（4 位十六进制，0000～FFFF），当输入中断不用于计数器模式时不可用作工作位
SR246	00～15	输入中断 2 计数器模式 SV 当输入中断 2 用于计数器模式时为 SV（4 位十六进制，0000～FFFF），当输入中断不用于计数器模式时不可用作工作位
SR247	00～15	输入中断 3 计数器模式 SV 当输入中断 3 用于计数器模式时为 SV（4 位十六进制，0000～FFFF），当输入中断不用于计数器模式时不可用作工作位
SR248	00～15	输入中断 0 计数器模式 PV 减 1 当输入中断 0 用于计数器模式时，为计数器 PV–1（4 位数十六进制）
SR249	00～15	输入中断 1 计数器模式 PV 减 1 当输入中断 1 用于计数器模式时，为计数器 PV–1（4 位数十六进制）
SR250	00～15	输入中断 2 计数器模式 PV 减 1 当输入中断 2 用于计数器模式时，为计数器 PV–1（4 位数十六进制）
SR251	00～15	输入中断 3 计数器模式 PV 减 1 当输入中断 3 用于计数器模式时，为计数器 PV–1（4 位数十六进制）
SR252	00	高速计数器 0 复位位
	01	槽 2 中的内板控制位 脉冲 I/O 板：高速计数器 1 复位，置 ON 使高速计数器 1（端口 1）的 PV 复位 绝对编码器接口板：绝对高速计数器 1 原点补偿位，置 ON 设置绝对高速计数器 1（端口 1）的原点补偿。补偿值置于 DM6611，自动变为 OFF
	02	槽 2 中的内板控制位 脉冲 I/O 板：高速计数器 2 复位，置 ON 使高速计数器 2（端口 2）的 PV 复位 绝对编码器接口板：绝对高速计数器 2 原点补偿位，置 ON 设置绝对高速计数器 2（端口 2）的原点补偿。补偿值置于 DM6612，自动变为 OFF
	03～07	未用
	08	外围端口复位 置 ON 使外围端口复位（当与外围设备相连时无效），在复位完成后自动变为 OFF
	09	RS-232C 复位位 置 ON 使 RS232C 端口复位，在复位完成后自动变为 OFF
	10	PC 设置复位位 置 ON 初始化 PC 设置（DM6600～DM6655），在复位完成后自动变为 OFF，仅当 PC 在编程模式下才有效
	11	强制状态保持位 OFF：当从编程模式切换到监视模式时，强制使置位/复位位清除 QN：当从编程模式切换到监视模式时，强制使置位/复位位的状态保持

续表

字	位	功　　能
SR253	12	I/O 保持位 OFF：当启动操作或停止操作时，IR 位和 LR 位都复位 QN：当启动操作或停止操作时，IR 位状态和 LR 位状态都保持
	13	未用
	14	错误日志复位位 为 ON 时清除错误日志，本操作完成后自动变为 OFF
	15	输出 OFF 位 OFF：正常输出状态 ON：所有输出变为 OFF
	00～07	FAL 错误代码 当错误发生时，错误代码（2 位数）存储在此处。当 FAL（06）或 FALS（07）被执行时，FAL 号存储在此处。执行 FAL00 指令或由编程设备清除错误，此字节就被复位（00）
	08	低电压标志 当 CPU 电池电压跌落时变为 ON
	09	循环时间超过标志 当循环时间过运行时（即当循环时间超过 100ms）变为 ON
	10～12	未用
	13	总是 ON 标志
	14	总是 OFF 标志
	15	首循环标志 操作开始时的一个循环置 ON
SR254	00	1 min 时钟脉冲（30s 为 ON，30s 为 OFF）
	01	0.02s 时钟脉冲（0.01s 为 ON，0.01s 为 OFF）
	02～03	未用
	04	上溢（OF）标志 当计算结果高于有符号二进制数据的上限时变为 ON
	05	下溢（OF）标志 当计算结果低于有符号二进制数据的下限时变为 ON
	06	微分监视完成标志 当微分监视完成时变为 ON
	07	STEP（08）执行标志 只在基于 STEP（08）的过程开始时的一个循环置 ON
	08	HKY（--）执行标志 在执行 SKY（--）时变为 ON
	09	7SEG（88）执行标志 在执行 7SEG（88）时变为 ON
	10	DSW（87）执行标志 在执行 DSW（87）时变为 ON
	11～12	未用
	13	通信单元错误标志 在一个通信单元中产生错误时置 ON。该标志反映通信单元错误标志（AR0011）

续表

字	位	功　　能
SR254	14	未用
	15	内板错误标志 安装在槽 1 或槽 2 上的内板出错时置 ON。槽 1 的错误代码存放在 AR0410～AR0407 中，槽 2 的错误代码存放在 AR0408～AR0415 中
SR255	00	0.1s 时钟脉冲（0.05s 为 ON，0.05s 为 OFF）
	01	0.2s 时钟脉冲（0.1s 为 ON，0.1s 为 OFF）
	02	1.0s 时钟脉冲（0.5s 为 ON，0.5s 为 OFF）
	03	指令执行错误标志 当指令执行的结果有错误时变为 ON
	04	进位（CY）标志 当指令执行的结果有进位时变为 ON
	05	大于（GR）标志 当比较操作的结果是大于时变为 ON
	06	等于（EQ）标志 当比较操作的结果是等于或当指令执行结果是 0 时变为 ON
	07	小于（LE）标志 当比较操作的结果是小于时变为 ON

注　这些位主要用作与 CQM1H 操作相关的标志。当输入中断，未在计数器模式中使用时，SR244～SR247 也可用作工作位。

五、保持继电器区 HR

CQM1H 系列 PLC 的保持继电器区通道号为 HR00～HR99，每个通道有 16 个保持继电器。保持继电器既可以按通道使用，也可以按位使用。保持继电器的编号也由通道号和位号组成，如 HR0001 表示 HR00 通道中位号 01 的保持继电器。使用保持继电器时，其通道编号必须冠以 HR。

保持继电器具有断电保持功能，即在 PLC 电源切断时，仍能记忆原来的 ON/OFF 状态，这主要靠 PLC 内部的锂电池或大电容的支持。使用保持继电器可使 PLC 少受断电影响，保持程序运行的连续性。

保持继电器通常有两种用法：

（1）当以通道为单位用作数据通道时，断电后再恢复供电时数据不会丢失。

（2）当以继电器为单位与 KEEP 指令配合使用火接成自锁电路，断电后再恢复供电时该继电器能保持断电前的状态。

六、暂存继电器区 TR

CQM1H 系列 PLC 暂存继电器只有 8 个，编号为 TR0～TR7。在程序的同一个梯级内，暂存继电器的编号不能重复使用，但在程序的不同梯级之间，可重复使用。在具体使用时，其编号前的 TR 一定要标写，以便区别。

暂存继电器用于具有分支点的梯形图编程，作用是暂时存储程序分支点之前的 ON/OFF 状态。暂存继电器只能与 LD、OUT 指令配合，其他指令不能使用 TR 作数据位。

七、定时器/计数器区 TC

定时器（TIM）用于定时控制，计数器（CNT）用于记录脉冲的个数，它们在工业控制中经常用到。CQM1H 系列 PLC 的定时器/计数器区为用户提供了共 512 个定时器或计数器。定时器和计数器又各分为两种，即普通定时器 TIM 和高速定时器 TIMH；普通（单向）计数器 CNT 和可逆计数器 CNTR。其编号为 000～511，如定时器 TIM000、计数器 CNT001。

定时器和计数器采用统一编号（称为 TC 号），一个编号既可以分配给定时器，也可以分配给计数器，但一个编号只能分配一次，不能重复分配。如 000 若已经分配给定时器，则其他的定时器和计数器就都不能再使用 000 这个编号。OMRON PLC 的定时器断电不保持，电源断电时定时器复位；计数器断电能保持，断电后计数值仍保持。

八、数据存储区 DM

数据存储区提供了在数据处理和计算过程中专门用于存储数据的单元。CQM1H 系列 PLC 数据存储区的通道号为 DM0000～DM3071，数据存储器只能以通道形式使用，不能按位使用。数据存储器具有断电保持功能。

九、辅助存储继电器区 AR

辅助存储继电器区主要用于存储 PLC 工作状态信息，如扫描周期的最大值及当前值，高速计数器、脉冲输出的工作状态标志，通信出错码，系统设定区域异常标志等，用户可根据其状态了解 PLC 的运行状态。该继电器区具有断电保持功能，其通道号为 AR00～AR27，具体使用时，通道号前要冠以 AR 字样。

十、链接继电器区 LR

当 PLC 与 PLC 之间进行 1:1 通信链接时，使用链接继电器区与对方交换数据，其通道号为 LR00～LR63。链接继电器可按通道使用，也可按位使用。在不进行 1:1 通信链接时，链接继电器可作为内部辅助继电器使用。

第十章
欧姆龙 CQM1H 系列 PLC 的基本指令

由于 CQM1H 系列 PLC 的指令与 C 系列指令兼容，因此本章所介绍的指令也适用于 C 系列 PLC（如 CPM1A）。二者的主要差别在于它们的 I/O 地址分配不同，在程序设计时应加以注意。

CQM1H 系列 PLC 的指令较丰富，根据指令功能分为基本指令和功能指令两大类。基本指令直接对输入输出进行操作，包括信号读入、输出和逻辑“与”、“或”、“非”基本运算等。功能指令包括定时/计数指令、联锁指令、跳转指令、数据比较指令、数据位移指令、数据传送指令、数据转换指令、十进制运算指令、二进制运算指令、逻辑运算指令、子程序控制指令、高速计数器控制指令、脉冲输出控制指令、中断控制指令、步进指令及一些特殊指令等。

第一节　CQM1H 系列 PLC 基本指令概述

一、编程元件线圈、动合触点、动断触点的表示

每个编程元件都有线圈、动合触点、动断触点，它们均用同一文字符号表示，在梯形图中可由图形符号来区分，在指令语句中可由指令助记符来区分，但在文字介绍中，就不易区别，为此在文字符号前加前缀来区别，不加前缀表示线圈、加“◎”前缀表示动合触点，加“#”前缀表示动断触点，如“00000”表示输入继电器线圈、“◎00000”表示输入继电器 00000 的动合触点、“#00000”表示输入继电器 00000 的动断触点。

二、时序图

在使用 PLC 之前，了解 PLC 中软电器的种类及其工作原理是十分重要的。在描述 PLC 中软电器的工作原理时，时序图（也称为波形图）是一个十分有用的工具。在分析梯形图时，时序图也是一个十分有用的工具，画出梯形图中各软电器的线圈和触点的时序图，既可以看出各软电器之间的相互关系及相互影响，也可以看出控制电路的工作情况和工作过程。

时序图既可以用来描述软电器线圈的通电时刻、断电时刻、通电状态持续时间、断电状态持续时间，也可以用来描述软电器触点的闭合时刻、断开时刻、闭合状态持续时间、断开状态持续时间。在这两种情况下，时序图由水平线和竖线组成。竖线表示线圈的通电时刻和断电时刻或者表示触点的闭合时刻和断开时刻。低水平线表示线圈的断电状态，低水平线段

的长度表示线圈断电状态持续时间；或者低水平线表示触点的断开状态，低水平线段的长度表示触点断开状态持续时间。高水平线表示线圈的通电状态，高水平线段的长度表示线圈通电状态持续时间；或者高水平线表示触点的闭合状态，高水平线段的长度表示触点闭合状态持续时间。低水平线段右端或高水平线段左端的竖线（上升沿）表示某种状态的开始时刻；低水平线段左端或高水平线段右端的竖线（下升沿）表示某种状态的结束时刻。时序图的组成如图 4-5 所示。

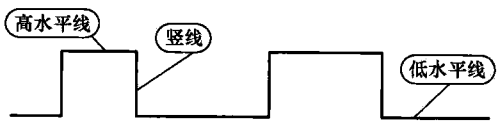


图 4-5　时序图的组成

时序图用来描述软电器中的定时器和计数器时，有时还会加上斜线表示时间值和计数值累加过程，也可能出现台阶形的波形，表示计数值的变化过程。

第二节　CQM1H 系列 PLC 的基本指令

一、CQM1H 系列 PLC 的装载及输出指令

1. 指令名称、助记符、梯形图、操作数范围和指令功能

CQM1H 系列 PLC 的装载及输出指令名称、助记符、梯形图、操作数范围和指令功能见表 4-5。

表 4-5　　装载及输出指令名称、助记符、梯形图、操作数范围和指令功能

指令名称	助记符、操作数	梯形图符号	操作数含义及范围	指令功能
装载	LD 继电器号 N	N	继电器号 N：IR、SR、HR、AR、LR、TC、TR 以位为单位进行操作	动合触点与左端母线相连接，或与左侧的逻辑块起点相连接
取反装载	LD-NOT 继电器号 N	N		动断触点与左端母线相连接，或与左侧的逻辑块起点相连接
输出	OUT 继电器号 N		继电器号 N：IR、SR、HR、AR、LR	将逻辑操作的结果输出给继电器
取反输出	OUT-NOT 继电器号 N			将逻辑操作的结果取反后输出给继电器

2. 指令说明

LD：动合触点逻辑运算开始指令。

LD-NOT：动断触点逻辑运算开始指令。

OUT：线圈驱动指令。

（1）LD、LD-NOT 指令用于起始母线相连的触点；此外，这些指令与后述的 AND-LD、OR-LD 指令配合使用于分支回路开始处。

LD 和 LD-NOT 指令用在每一个梯级开始。如果梯级开始是一个动合触点，就使用 LD 指令；如果梯级开始是一个动断触点，就使用 LD-NOT 指令。

（2）OUT 指令是驱动线圈指令，用于驱动输出继电器、辅助继电器、定时器、计数器，但不能用于输入继电器。输入继电器的线圈只能由外部信号驱动。

（3）OUT 指令将逻辑操作的结果写到输出继电器、内部辅助继电器、保持继电器及暂存继电器等。

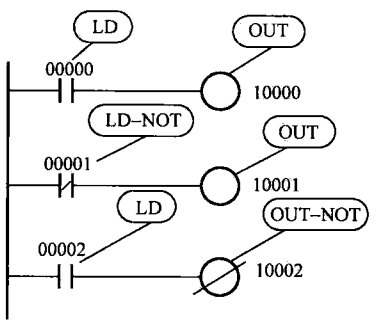
OUT 指令用于改变一个位的状态，使之与前面的逻辑运算结果相同。OUT 指令为输出指令，其后的位相当于继电器线路中的线圈。若 OUT 后面的位为 PLC 输出点，则运算结果可输出到 PLC 外部；若 OUT 后面的位为 PLC 内部继电器，则逻辑运算结果为中间结果，不输出到 PLC 外部。OUT 指令只能以位为单位进行操作，且不影响标志位。

（4）OUT-NOT 指令是将逻辑操作的结果取反后写到输出继电器、内部辅助继电器、保持继电器及暂存继电器等。所谓取反，就是如果逻辑操作的是“1”，则取反后为“0”；如果逻辑操作的是“0”，则取反后为“1”。

（5）OUT 指令用于计数器、定时器必须紧跟常数 K 值。常数 K 值分别表示计数器的计数次数和定时器的延时时间。

3. LD、LD-NOT 和 OUT 指令编程示例

LD、LD-NOT 和 OUT 指令的用法如图 4-6 所示。图中 00000 是输入继电器的动合触点，00001 是输入继电器的动断触点，00002 是输入继电器的动合触点；10000、10001 和 10002 都是输出继电器线圈。当◎00000 闭合时，输出继电器 10000 接通。当#00001 未断开时，输出继电器 10001 一直接通。



(a)

指令助记符	数据	功能
LD	00000	动合触点与起始母线连接
OUT	10000	驱动指令
LD-NOT	00001	动断触点与起始母线连接
OUT	10001	驱动指令
LD	00002	动合触点与起始母线连接
OUT-NOT	10002	驱动指令

(b)

图 4-6　LD、LD-NOT 和 OUT 指令的用法

（a）梯形图；（b）指令表

二、CQM1H 系列 PLC 的触点串联（与操作）指令

1. 指令名称、助记符、梯形图、操作数范围和指令功能

CQM1H 系列 PLC 的触点串联（与操作）指令名称、助记符、梯形图、操作数范围和指令功能见表 4-6。

表 4-6　触点串联（与操作）指令名称、助记符、梯形图、操作数范围和指令功能

指令名称	助记符、操作数	梯形图符号	操作数含义及范围	指　令　功　能
与	AND 继电器号 N	N	继电器号 N：IR、SR、HR、AR、LR、TC、以位为单位进行操作	动合触点与其他程序段相串联
与非	AND-NOT 继电器号 N	N		动断触点与其他程序段相串联

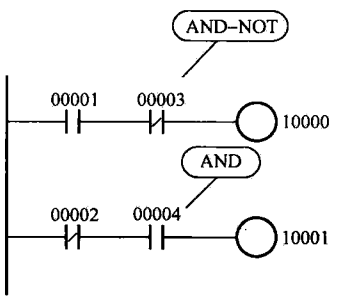
2. 指令说明

AND：动合触点串联连接指令。

AND-NOT：动断触点串联连接指令。

3. 编程示例

AND、AND-NOT 指令的用法如图 4-7 所示。当输入继电器 00001 的动合触点闭合与输入继电器 00003 的动断触点保持闭合时，输出继电器 10000 得电。当输入继电器 00002 的动断触点保持闭合并且输入继电器 00004 的动合触点闭合时，输出继电器 10001 得电。



(a)

指令助记符	数据
LD	00001
AND-NOT	00003
OUT	10000
LD-NOT	00002
AND	00004
OUT	10001

(b)

图 4-7 AND、AND-NOT 指令的用法

（a）梯形图；（b）指令表

三、CQM1H 系列 PLC 的触点并联（与操作）指令

1. 指令名称、助记符、梯形图、操作数范围和指令功能

CQM1H 系列 PLC 的触点并联（与操作）指令名称、助记符、梯形图、操作数范围和指令功能见表 4-7。

表 4-7 触点并联（与操作）指令名称、助记符、梯形图、操作数范围和指令功能

指令名称	助记符、操作数	梯形图符号	操作数含义及范围	指 令 功 能
或	OR 继电器号 N	N	继电器号 N：IR、SR、HR、AR、LR、TC、以位为单位进行操作	动合触点与其他程序段相并联
或非	OR-NOT 继电器号 N	N		动断触点与其他程序段相并联

2. 指令说明

OR：动合触点并联连接指令。

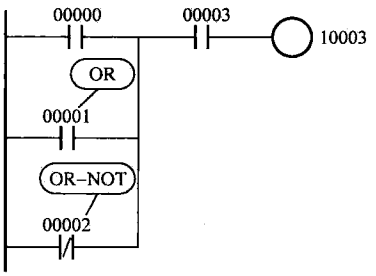
OR-NOT：动断触点并联连接指令。

（1）OR、OR-NOT 指令是用于并联连接一个触点是的指令。若要将两个以上触点的串联电路和其他回路并联时，需用后面介绍的快操作并联指令 OR-LD。

（2）OR、OR-NOT 指令引起的并联是从 OR、OR-NOT 指令一直并联到前面最近的 LD、LD-NOT 指令上。并联的数量不受限制，但使用图形编程设备和打印机时受限制。

3. 编程示例

OR、OR-NOT 指令的用法如图 4-8 所示。当输入继电器 00003 的动合触点闭合时，若输入继电器 00000 的动合触点、输入继电器 00002 的动合触点、输入继电器 00002 的动断触点三者任何一个触点闭合时，输出继电器 10003 都会接通。



(a)

指令助记符	数据
LD	00001
OR	00003
OR-OUT	10000
AND	00004
OUT	10001

(b)

图 4-8　OR、OR-NOT 指令的用法

（a）梯形图；（b）指令表

四、CQM1H 系列 PLC 的电路块串联（块与）指令和电路块并联（块或）指令

1. 指令名称、助记符、梯形图、操作数范围和指令功能

CQM1H 系列 PLC 的电路块串联（块与）指令和电路块并联（块或）指令见表 4-8。

表 4-8　　块与和块或指令名称、助记符、梯形图、操作数范围和指令功能

指令名称	助记符、操作数	梯形图符号	操作数含义及范围	指令功能
块串联	AND-LD 继电器号 N	无	无	用于两个程序块的串联
块并联	OR-LD 继电器号 N	无		用于两个程序块的并联

2. 指令说明

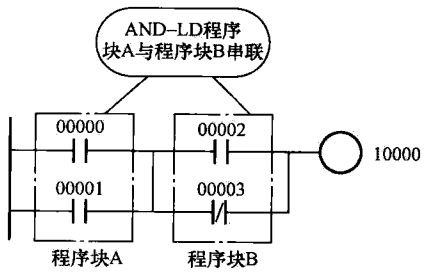
AND-LD 指令用来处理两个触点组的串联，即对触点组进行与操作。触点组就是若干个触点的组合，也称为程序块。当两个触点组串联时，每个触点组都以起始指令（LD 或 LD-NOT）开始单独编程，然后用 AND-LD 指令将两个触点组串联起来。AND-LD 指令单独使用时，其后面没有操作数。

OR-LD：指令用来处理两个触点组的并联，即对触点组进行或操作。当两个触点组并联时，每个触点组都以起始指令（LD 或 LD-NOT）开始单独编程，然后用 OR-LD 指令将两个触点组并联起来。OR-LD 指令单独使用时，其后面没有操作数。

3. 编程示例

AND-LD 指令的用法如图 4-9 所示。其中，梯形图程序要用 AND-LD 指令才能写出对应的指令助记符程序。由梯形图的连接关系可知，输入继电器◎00000 和◎00001 组成一个块，◎00002 和#00003 组成一个块，二者为串联关系。

OR-LD 指令的用法如图 4-10 所示。图中梯形图程序要用 OR-LD 指令才能写出对应的指令助记符程序。由梯形图的连接关系可知，输入继电器◎00000 和◎00002 组成一个块，◎00001 和#00003 组成一个块，二者为并联关系。



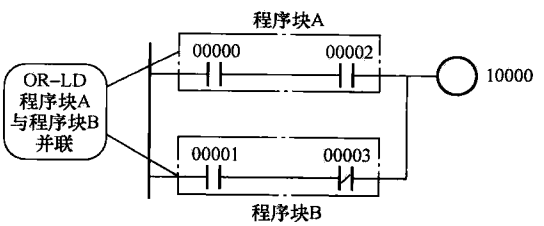
(a)

指令助记符	数据
LD	00000
OR	00001
LD	00002
OR-OUT	10003
AND-LD	
OUT	10000

(b)

图 4-9　AND-LD 指令的用法

（a）梯形图；（b）指令表



(a)

指令助记符	数据
LD	00000
AND	00002
LD	00001
AND-OUT	10003
OR-LD	
OUT	10000

(b)

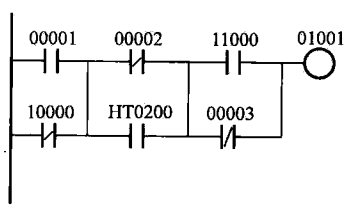
图 4-10　OR-LD 指令的用法

（a）梯形图；（b）指令表

当串联或并联的电路块多于两个时，电路块连接的指令语句方法有两种，如图 4-11 和图 4-12 所示：方法一是电路块的逐块连接；方法二是电路块编写后总连接，两种编写法的指令条数相同。在使用方法二时要注意以下两点：

（1）总连接时，连续的 AND-LD 或 OR-LD 指令条数比实际电路块数少一个。

（2）连接的 AND-LD 或 OR-LD 指令的条数上限为 8，即最多只能有 9 个电路块相连接，而方法一没有此限制。



(a)

LD	00001
OR-NOT	10000
LD-NOT	00002
OR	HR0200
AND-LD	
LD	11000
OR-NOT	00003
AND-LD	
OUT	01001

方法一

(b)

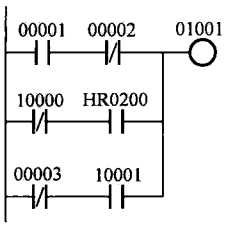
LD	00001
OR-NOT	10000
LD-NOT	00002
OR	HR0200
LD	11000
OR-NOT	00003
AND-LD	
AND-LD	
OUT	01001

方法二

(c)

图 4-11　三组电路块的串联

（a）梯形图；（b）指令表 1；（c）指令表 2



(a)

LD	00001	LD	00001
AND-NOT	00002	AND-NOT	00002
LD-NOT	10000	LD-NOT	10000
AND	HR0200	AND	HR0200
OR-LD		LD-NOT	00003
LD-NOT	00003	AND	10001
AND	10001	OR-LD	
OR-LD		OR-LD	
OUT	01001	OUT	01001

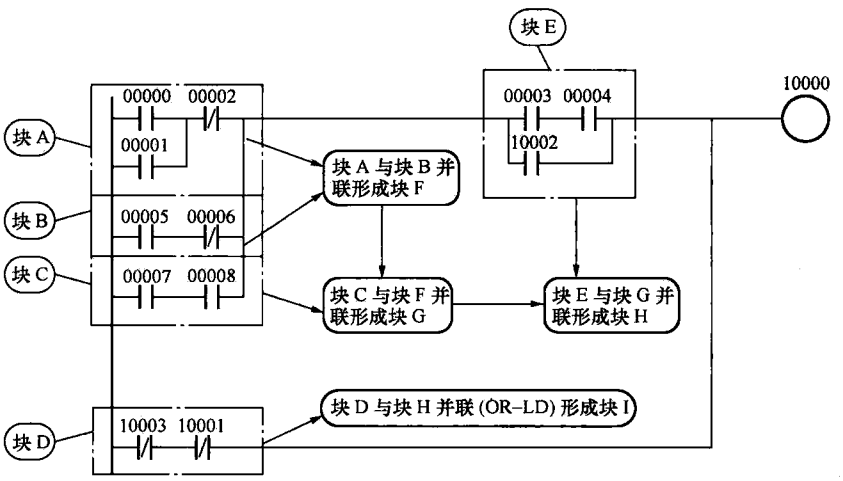
方法一　　方法二

(b)　　(c)

图 4-12　三组电路块的并联

（a）梯形图；（b）指令表 1；（c）指令表 2

利用上面介绍的指令可以对复杂的梯形图编程，梯形图既需要 AND-LD 指令，又需要 OR-LD 指令，如图 4-13 所示。



(a)

```
LD      00000
OR      00001        } 块 A
AND-NOT 00002
LD      00005
LD-NOT  00006        } 块 B
OR-LD                块 A 与块 B 并联，形成块 F
LD      00007
AND     00008        } 块 C
OR-LD                块 C 与块 F 并联，形成块 G
```

(b)

```
LD      00003
AND     00004        } 块 E
OR      10002
AND-LD               块 E 与块 G 串联，形成块 H
LD-NOT  10003
AND-NOT 10001        } 块 D
OR-LD                块 H 与块 D 并联，
OUT     10000        形成块 I
```

(c)

图 4-13　复杂梯形图编程

（a）梯形图；（b）指令表 1；（c）指令表 2

五、CQM1H 系列 PLC 的锁存指令

1. 指令名称、助记符、梯形图、操作数范围和指令功能

CQM1H 系列 PLC 的锁存指令名称、助记符、梯形图、操作数范围和指令功能见表 4-9。

表 4-9　　锁存指令名称、助记符、梯形图、操作数范围和指令功能

指令名称	格式	梯形图符号	操作数含义及范围	指 令 功 能
锁存指令	KEEP 继电器号 N	S KEEP N N S 为置位端 R 为复位端 S、R 端可用短信号	继电器号 N：IR、SR、HR、AR、LR（除了 IR 中已作为输入通道的位） 以位为单位进行操作	锁存指令：当 S 端输入为 ON 时，继电器 N 被置为 ON 且保持；当 R 端输入为 ON 时，N 被置为 OFF 且保持；当 S、R 同时为 ON 时，复位优先，N 为 OFF。N 为 HR 区继电器时有掉电保持功能

2. 指令说明

锁存指令功能类似于电子电路中的 SR 触发器。使用锁存指令的继电器有两个输入端：置位端 S 和复位端 R。当置位端是逻辑条件为 ON 时，继电器接通。此后，即使置位端逻辑条件为 OFF，该继电器仍保持接通，知道复位端逻辑条件为 ON 时，该继电器才断开，即使它位于梯形图联锁段内，锁存指令的操作位仍将保持 ON 或 OFF 状态。在用指令表编程时，先编置位端，再编复位端，最后编锁存指令。

3. 编程示例

锁存指令的用法如图 4-14 所示。输出继电器 10000 被施加了锁存指令后，具有锁存的效果。当置位输入逻辑◎00002 闭合时，输出继电器 100000 接通并锁存，即使◎00002 再断开，100000 仍保持接通，直到复位输入逻辑◎00003 闭合时，输出继电器才断开并保持，即使◎00002 再闭合，10000 仍保持断开。

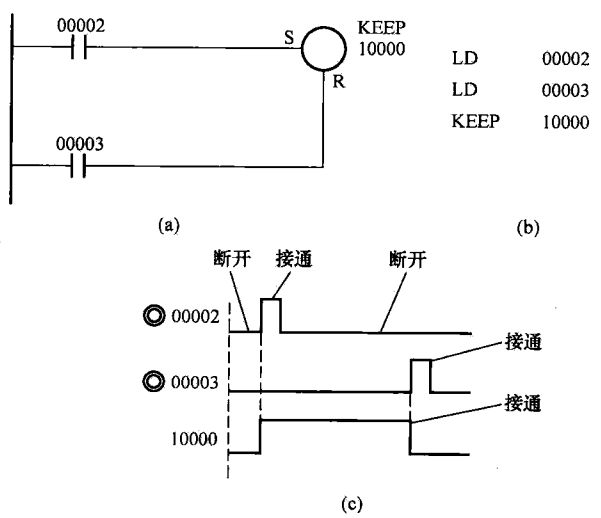


图 4-14　锁存指令的使用

（a）梯形图；（b）指令表；（c）时序图

图 4-14（a）所示梯形图的控制功能也可用基本逻辑指令来实现，如图 4-15 所示。当输入继电器◎00002 接通时，输出继电器 10000 接通并自锁；当#00003 断开时，输出继电器才断开。可见，图 4-15 的程序与图 4-14（a）的程序在控制功能上完全一样。

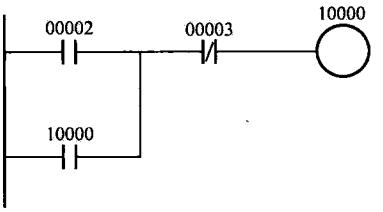


图 4-15　图 4-14（a）梯形图改用基本指令编程

为了清楚地表示出各继电器先后动作关系，常用波形图（即时序图，后都称为波形图）来表示。其波形图如图 4-14（c）所示，图中高电平表示接通，低电平表示断开。由波形图可见，◎00002 一旦接通，10000 立刻接通并保持，直到#00003 断开时，10000 才断开。

六、CQM1H 系列 PLC 的微分指令

1. 指令名称、助记符、梯形图、操作数范围和指令功能

CQM1H 系列 PLC 的微分指令名称、助记符、梯形图、操作数含义范围和指令功能见表 4-10。

表 4-10　　微分指令名称、助记符、梯形图、操作数范围和指令功能

指令名称	助记符、操作数	梯形图符号	操作数含义及范围	指令功能
上沿微分	DIFU 继电器号 N	DIFUN	继电器号 N：IR、SR、HR、AR、LR（除了 IR 中已作为输入通道的位） 以位为单位进行操作	当 DIFU 为上升沿（OFF 变为 ON）时，使指定的继电器在一个扫描周期内为 ON
下沿微分	DIFD 继电器号 N	DIFUN		当 DIFU 为上升沿（ON 变为 OFF）时，使指定的继电器在一个扫描周期内为 ON

2. 指令说明

微分指令分为前沿微分指令 DIFU 和后沿微分指令 DIFD 两种。DIFU 的功能是：当逻辑条件从 OFF 到 ON 时，产生一个扫描周期的脉冲。DIFD 的功能是：当逻辑条件从 ON 到 OFF 时，产生一个扫描周期的脉冲。

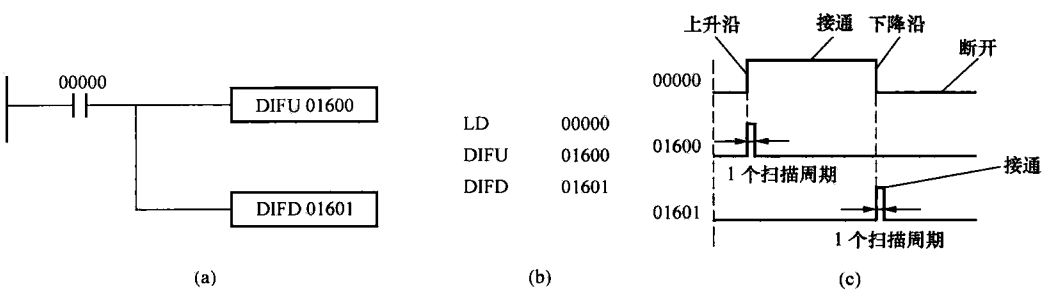


图 4-16　微分指令的用法

（a）梯形图；（b）指令表；（c）波形图

3. 编程示例

微分指令的用法如图 4-16 所示。当输入继电器◎00000 接通时，内部辅助继电器 01600

接通一个扫描周期；当◎00000 断开时，内部辅助继电器 01601 接通一个扫描周期。

在图 4-16 中，当输入继电器 00000 由 OFF 变为 ON 时，DIFU 指令使内部辅助继电器 01600 得电，得电时长为 1 个扫描周期。如果某条指令要求在输入继电器 00000 由 OFF 变为 ON 时只执行一次，则可利用 DIFU 指令使 01600 输出作为该指令的执行条件。

当输入继电器 00000 由 ON 变为 OFF 时，DIFD 指令使内部辅助继电器 01601 得电，得电时长为 1 个扫描周期。如果某条指令要求在输入继电器 00000 由 ON 变为 OFF 时只执行一次，则可利用 DIFD 指令使 01601 输出作为该指令的执行条件。

使用 DIFU 和 DIFD 指令时应注意：

（1）IR 区中已用作输入通道的位不能作为微分指令的输出位，该通道其他位最好也不要用作微分指令输出通道。

（2）在第 n 次扫描时检测到输入条件为 OFF。第 n+1 次扫描检测到 ON 时，DIFU 指令才开始执行。因此对于开机时就 ON 的执行条件，DIFU 指令不执行；同样，对于开机时就 OFF 的执行条件，DIFD 指令也不执行。

DIFU 和 DIFD 指令通常用在以下场合：

（1）利用 DIFU 和 DIFD 指令的操作位作为某指令的执行条件，使某条指令只在该操作位由 OFF 变为 ON 或由 ON 变为 OFF 时执行一次。

（2）利用 DIFU 和 DIFD 指令产生脉冲信号。

七、CQM1H 系列 PLC 的暂存继电器

TR 不是编程指令，但编程中常需要用它存储当前指令的执行结果或梯形图分支点上存在的执行条件，即保存结果寄存器的当前内容。这是由于，指令行在返回分支点执行一个分支行上的其他指令之前执行了右侧指令，使得执行条件可能发生改变而不能完成本来的操作。它与互锁指令 IL 和解除互锁指令 ILC 同样可作为处理程序分支的方法。

CQM1H 系列 PLC 提供了 8 个暂存继电器（TR0～TR7），用于存储程序分支点之前的 ON/OFF 状态。使用暂存继电器可很方便地处理带有分支的梯级。在同一个梯级中最多只能用 8 个暂存继电器，而在不同的梯级间，同一个暂存继电器可以重复使用。暂存继电器在 PLC 运行期间是不能用编程器检查其状态的。

暂存继电器的用法如图 4-17 所示。该梯形图中有两个分支，要用两个暂存继电器 TR0 和 TR1 来暂存分支点的状态。暂存继电器不是编程指令，必须与 LD 和 OUT 指令配合使用。

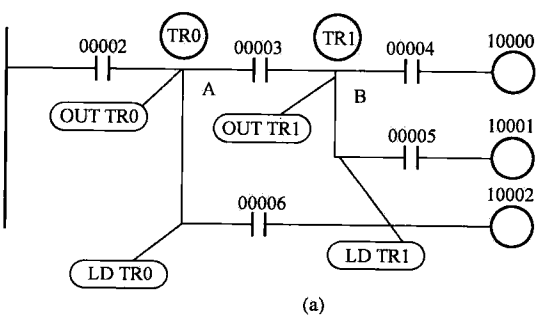


图 4-17　暂存继电器的用法（一）

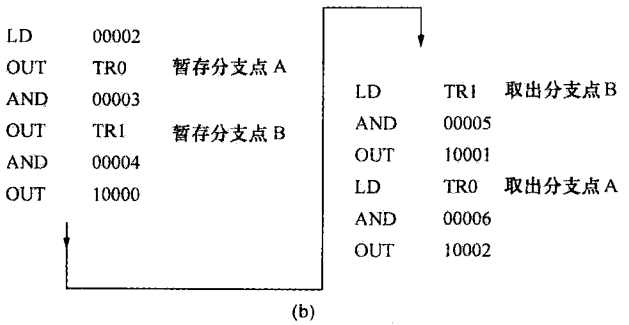


图 4-17　暂存继电器的用法（二）

八、CQM1H 系列 PLC 的定时器指令

1. 指令名称、助记符、梯形图、操作数范围和指令功能

CQM1H 系列 PLC 的定时器指令名称、助记符、梯形图、操作数范围和指令功能见表 4-11。

表 4-11　　定时器指令名称、助记符、梯形图、操作数范围和指令功能

指令名称	助记符、操作数	梯形图符号	操作数含义及范围	指令功能
普通定时器	TIM N 设定值 SV	TIM N SV	定时器号 N：000～511 设定值 SV：#0000～#9999 外部设定：IR、KM、HR、AR、LR	递减式接通延时定时器，设定时间：0～999.9s，定时器计量单位：0.1s
高速定时器	TIMH （15）N 设定值 SV	TIMH(15) N SV	定时器号 N：000～511 设定值 SV：#0000～#9999 外部设定：IR、DM、HR、AR、LR 注：定时器号 N 通常应取为 000～015。若使用 016～511 间的高速定时器，将不能保证精确计时	高速递减式接通延时定时器，设定时间：0～99.99s，定时器计量单位：0.01s

2. 指令说明

CQM1H 系列 PLC 有两种定时器：一是普通定时器 TIM，即接通延时定时器，时基（定时时间的最小间隔）0.1s；二是高速定时器 TIMH，即接通延时定时器，时基 0.01s。两种定时器的用法是一样的。定时器在编程时需设定定时时间，设定值用 4 位十进制数表示，范围为 0～9999，定时时间=设定值×时基。因此，普通定时器 TIM 的最大定时时间为 999.9s，高速定时器 TIMH 的最大定时时间为 99.99s。设定值既可以表示为立即数形式（设定值前面加“#”），也可以放在通道中（设定值前面无“#”，即表示通道号）。

普通定时器和高速定时器都为减法定时器。定时器的输入逻辑条件为 ON 就开始定时，当定时器的当前值从设定值减到 0000 时，定时时间到，定时器的触点动作。当定时器的输入逻辑条件为 OFF 时，定时器立即复位，其动合触点断开，动断触点闭合，且定时值恢复到设定值。定时器的动合触点和动断触点使用次数不限，但不能直接对外输出，需通过输出继电器控制外部设备。

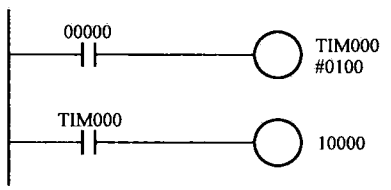
3. 编程示例

（1）用立即数形式作设定值。

用立即数形式作设定值，定时器 TIM 指令的用法如图 4-18 所示。定时器 TIM000 的设定

值为 100，表示定时时间为 10.0s。当执行条件◎00000 没接通时，TIM000 处于复位状态，定时器的当前值 PV=设定值 SV；当执行条件◎00000 接通时，TIM000 开始定时，定时器的当前值 PV 从设定值 100 开始，每间隔 0.1s 减 1。10s 后当前值 PV 变为 0000，此时定时器 TIM000 的输出状态为 ON，◎TIM000 触点闭合，使 10000 输出高电平 ON。此后，如果◎00000 一直为 ON，则 TIM000 的状态不变。任何时候，只要◎00000 变为 OFF（触点断开），作为定时器复位，当前值 PN 回复为设定值 SV。

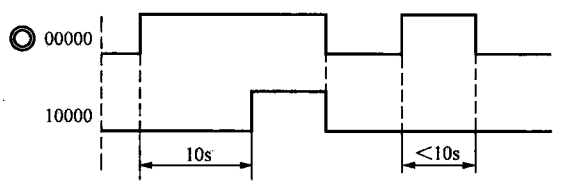
如图 4-18（c）所示的时序图中，输入继电器◎00000 第一次接通，10s 后，定时器定时时间到，其◎TIM000 触点闭合，使得输出继电器 10000 接通。当输入继电器◎00000 断开时，定时器立即复位，导致输出继电器 10000 断开。而◎00000 第二次接通时间不到 10s 就断开了，定时器 TIM000 上的定时时间还没到就被复位，因此其动合触点◎TIM000 不闭合，输出继电器 10000 也就不接通。



(a)

```
LD      00000
TIM     000
        #0100
LD      TIM000
OUT     10000
```

(b)

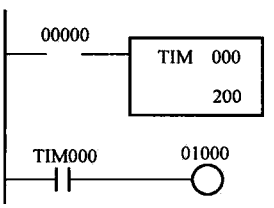


(c)

图 4-18　定时器指令 TIM 的使用

（a）梯形图；（b）指令表；（c）时序图

（2）设定值为通道中的数据。如图 4-19 所示，定时器 TIM000 的设定值为通道 IR200 中的数据。以通道内容设定 SV 时，如果在定时过程中改变通道内容，只有当 TIM000 的输入信号失去后，在下一次定时时，新的设定值才有效。



(a)

```
LD      00000
TIM     000
        200
LD      TIM000
OUT     01000
```

(b)

图 4-19　定时器指令 TIM 的使用

（a）梯形图；（b）指令表

（3）多个定时器联用，可以获得更长的定时时间。OMRON PLC 普通定时器的最大定时时间为 999.9s。如果用户需要更长的定时时间，一种简单的方法是将多个定时器联合使用。如图 4-20（a）所示的梯形图程序，用两个定时器可实现长达 30min 的定时控制。输入继电器◎00002 接通后，定时器 TIM1 开始定时，延时到 900s 后，定时时间到，◎TIM001 接通，使 TIM002 开始定时，又延时到 900s 后，◎TIM002 接通，输出继电器 10000 得电。如此，在输入继电器 00002 得电 1800s（30min）后，输出继电器 10000 才得电，总延时时间为两个继电器设定值之和。其波形图如图 4-20（b）所示。

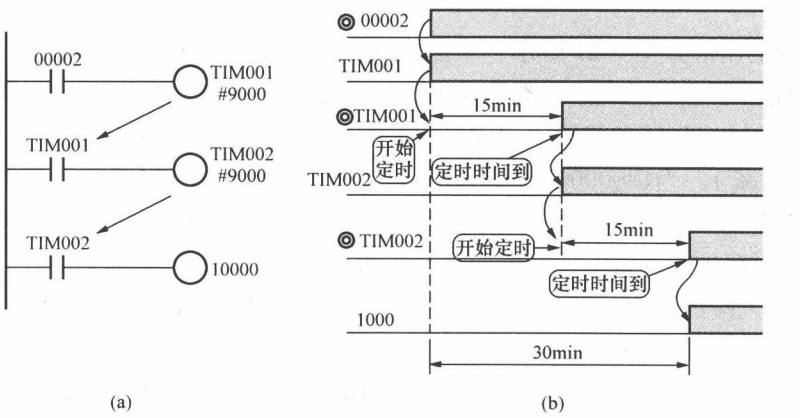


图 4-20　用两个定时器延长定时时间

（a）梯形图；（b）波形图

九、CQM1H 系列 PLC 的计数器指令

1. 指令名称、助记符、梯形图、操作数范围和指令功能

CQM1H 系列 PLC 的计数器指令名称、助记符、梯形图、操作数范围和指令功能见表 4-12。

表 4-12　　计数器指令名称、助记符、梯形图、操作数范围和指令功能

指令名称	助记符、操作数	梯形图符号	操作数含义及范围	指令功能
单向计数器	CNT 计数器号 N 设定值 SV	CNT N SV	计数器号 N：000～511 设定值 SV：#0000～#9999 外部设定：IR、DM、HR、AR、LR	递减式计数器 设定值：0～9999
可逆计数器	CNTR 计数器号 N 设定值 SV	II DI R CNTR N SV	定时器号 N：000～511 设定值 SV：#0000～#9999 外部设定：IR、DM、HR、AR、LR	双向可逆式计数器可执行加 1 或减 1 计数 设定值：0～9999

2. 指令说明和编程示例

CQM1H 系列 PLC 有两种计数器：一是单向计数器 CNT，二是双向计数器 CNTR。两种继电器在编程时都需设定计数值。设定值用 4 位十进制数表示，范围 0～9999。设定值既可以表示成立即数形式（设定值前面加“#”），也可以放在通道中（设定值前面无“#”即表示通道号）。

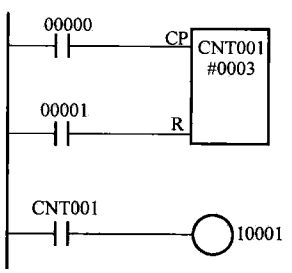
编写计数器指令表时，先编计数输入端，再编复位端，最后编 CNT 指令。此外，计数器和定时器的编号是共用的，使用时不能冲突：如果使用了 TIM000 后，就不能再使用 CNT000。由于计数器具有断电保持功能，因此当电源断电时，不论是单向计数器还是可逆计数器，其当前值保持不变。

（1）单向计数器 CNT。单向计数器 CNT 为递减计数器。单向计数器的计数输入端 CP 每接通一次（从 OFF 到 ON），计数值减 1。当计数值减到 0000 时，计数器的触点动作。当计数器的复位端 R 接通时，计数器立即复位，其动合触点断开，动断触点闭合，且计数值恢复到设定值。

CNT 指令的用法如图 4-21 所示。下面分别介绍计数输入端 CP 和复位输入端 R 的作用。

1）计数输入端的作用：计数器只有在复位端处于断开状态（即◎00001 断开）时才能进行计数工作，此时当与计数器输入端连接的◎00000 每次由断开到接通时，计数器的值（假设设定值为 3）减 1。当◎00000 由断到通 3 次（即计数端接受到 3 个上升沿信号）时，计数器在当前值减为 0，计数器 CNT001 的触点翻转，图中 CNT001 的动合触点（即◎CNT001）闭合，输出继电器 10001 得电，并保持这个状态直到复位端输入接通。

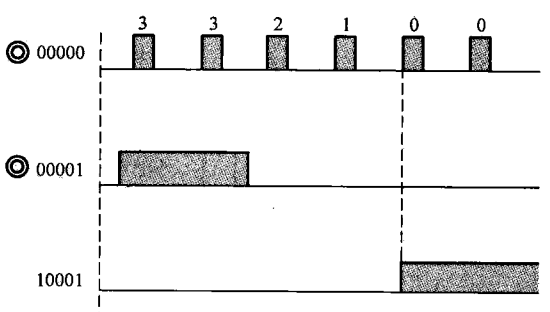
2）复位输入端的作用。复位信号在任何情况下都是优先执行的，如图 4-21（c）所示，当与复位输入端连接的◎00001 触点闭合时，计数器不再接受计数输入信号，同时当前值由 0 又恢复到 3，计数器 CNT001 的触点恢复到原始状态，即◎CNT001 恢复为断开状态，10001 因此失电。



(a)

```
LD      00000
LD      00001
CNT     001
        #0003
LD      CNT001
OUT     10001
```

(b)



(c)

图 4-21　C NT 指令的用法

（a）梯形图；（b）指令表；（c）波形图

所有计数器都为断电保持型，如计数器 CNT001 接受到两个计数输入信号时，当前值由设定值 3 减为 1，此时断电，恢复供电后，计数器仍能保持断电前的当前值 1，即再现断电前的状态。当计数器输入端 CP 再接受一个由断到通的信号后，计数器当前值减为 0，◎CNT001 的触点动作。

由图 4-21（c）可见，在输入继电器◎00001 接通期间，有两次接通，但此时计数器不计数，因为当计数逻辑 CP 与复位逻辑 R 同时接通时，复位优先。只有◎00001 断开后，计数器才开始计数，◎00000 每接通一次，计数值减 1，当◎00000 接通 3 次时，计数器计数值减到 0，其动合触点◎CNT001 动作，使输出继电器 10001 产生输出。此后，◎00000 再接通，计数器计数仍然是 0，其动合触点一直保持闭合，直到被复位。波形图中◎00000 脉冲上方数字表示该脉冲到来时，计数器的当前值。

如果把图 4-21（a）中的 00000 换成 25502（产生秒脉冲），计数器又可以当定时器使用。例如，SV 为#0500，当计数器计满 500 时，其计数过程所用的时间刚好是 500s。

如果用一个计数器的动合触点作为另一个计数器的计数输入，即两个计数器连用，就可以使计数器的容量扩展，总的计数容量为两个计数器 SV 值的乘积。

（2）可逆计数器 CNTR。单向计数器 CNTR 既可以递增计数，也可以递减计数。它有 3 个输入端：加计数 II 端、减计数 DI 端和复位端 R。加计数端每接通一次，可逆计数器的当前值加 1；减计数端每接通一次，无论何时当计数器的复位端 R 接通时，可逆计数器立即复位，其动合触点断开，动断触点闭合，且计数值恢复到 0。

CNTR 指令的用法如图 4-22 所示。当复位端的输入继电器◎00004 为 ON 时，CNTR001 复位，当前值 PV 变为 0000，此时计数器既不进行加计数，也不进行减计数。当◎00004 变为 OFF 时，开始计数：计数器当前值 PV 在加计数输入端◎00002 接通（从 OFF 变为 ON）时加 1；计数器当前值 PV 在减计数输入端◎00003 接通（从 OFF 变为 ON）时减 1。当两个计数输入端◎00002 和◎00003 同时接通（从 OFF 变为 ON）时，计数器不计数。

在图 4-22 中，◎00002 每接通 1 次，可逆计数器的计数值加 1。当加计数器计数值到设定值（0003）时，在加计数端 II 再输入一个脉冲，可逆计数器 CNTR001 的值变为 0 并产生输出（◎CNTR001 ON）。继续在加输入端 II 输入脉冲，计数值增加，而输出又断开（OFF）。

◎00003 接通 1 次，可逆计数器的值减 1，当减少到 0 时，在减计数端 DI 再输入一个脉冲，可逆计数器 CNTR001 的值变为设定值（0003）并产生输出（◎CNTR001 ON）。继续在减输入端 DI 输入脉冲，计数值减小，而输出又断开（OFF）。波形图中在◎00002 和◎00003 脉冲上方的数字表示脉冲到来时，可逆计数器的当前值。

编写可逆计数器的指令助记符程序时要注意，先写加计数逻辑，再写减计数逻辑，再写复位逻辑，最后写可逆计数器指令，顺序不能弄错。

综上所述，CNT 和 CNTR 指令的主要区别：当计数器 CNT 达到设定值以后，只要不复位，其输出就一直为 ON，即使计数脉冲仍在输入；计数器 CNTR 达到设定值后，其输出为 ON，只要不复位，在下一个计数脉冲到来时，计数器 CNTR 立即变为 OFF，且开始下一轮计数，即 CNTR 是循环计数器。

使用定时器/计数器指令时应注意以下问题：

1）须遵守定时器、计数器的编号规则，注意同一个程序中编号不能重复使用。

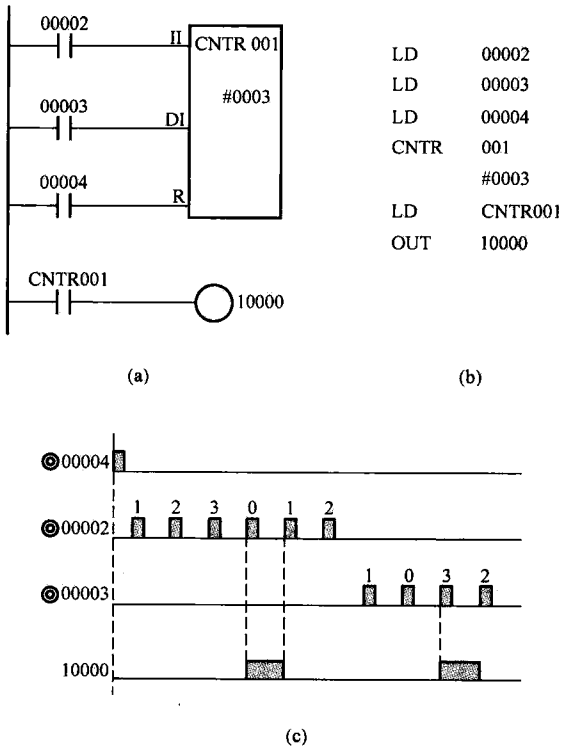


图 4-22 CNTR 指令的用法

（a）梯形图；（b）指令表；（c）波形图

2）当 SV 值为通道号时（通道内数据必须是 BCD 码），改变通道内的数据，即改变其设定值，也可以通过外部设备拨码器来改变其设定值。

十、CQM1H 系列 PLC 的置位和复位指令

1. 指令名称、助记符、梯形图、操作数范围和指令功能

CQM1H 系列 PLC 的置位和复位指令名称、助记符、梯形图、操作数范围和指令功能见表 4-13。

表 4-13　　置位和复位指令名称、助记符、梯形图、操作数范围和指令功能

指令名称	助记符、操作数	梯形图符号	操作数含义及范围	指令功能
置位	SET N	SET N	继电器号：IR、SM、HR、AR、LR 以位为单位进行操作	当执行条件为 ON 时，将指定的继电器置为 ON 且保持
复位	RESET N	RESET N		当执行条件为 ON 时，将指定的继电器置为 OFF 且保持

2. 指令说明和编程示例

置位和复位指令均为有记忆力的指令，常常成对使用。一般用 SET 指令将某继电器设定为 ON，再在程序后面特定位置用 RESET 指令将其设为 OFF。也可以单独使用 RESET 指令，将已为 ON 的继电器置为 OFF。

SET 和 RESET 指令用法如图 4-23 所示。图中◎00000 是 SET 指令的执行条件，当◎00000 为 ON 时，20000 被置为 ON 状态并保持，使◎00000 变为 OFF；当◎00003 由 OFF 变为 ON 后，20000 被复位为 OFF 并且保持，使◎00003 变为 OFF。

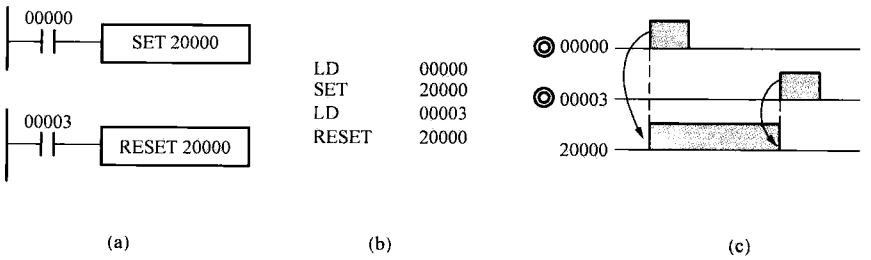


图 4-23　SET 和 RESET 指令 TIM 的用法

（a）梯形图；（b）指令表；（c）波形图

十一、CQM1H 系列 PLC 的空操作指令和结束指令

1. 指令名称、助记符、梯形图、操作数范围和指令/功能

CQM1H 系列 PLC 的空操作指令和结束指令的名称、助记符、梯形图、操作数范围和指令功能见表 4-14。

表 4-14　　置位和复位指令名称、助记符、梯形图、操作数范围和指令功能

指令名称	助记符、操作数	梯形图符号	操作数含义及范围	指　令　功　能
空操作指令	NOP	无	无操作数	该指令不执行任何操作
程序结束指令	END	END		执行该指令后程序运行停止，且有出错显示 执行 END 指令时，标志位 ER、CY、GR、EQ 都复位

2. 空操作指令

空操作指令（NOP）常用来修改程序，用来取消某一步的操作。修改程序时，使用 NOP 指令，可使步序号变得很少，便于调试程序。例如，用 NOP 代替 AND N 语句，可把 AND 语句中的触点 N 短接；用 NOP 代替 OR N 语句，可把 OR 语句中的触点 N 断掉等。但是要注意，用 NOP 指令修改程序时可能引起程序出错。例如，用 NOP 代替 OUT N 语句时，将造成该梯级无输出。因此，用 NOP 指令修改后的程序要注意检查。

NOP 指令的用法如图 4-24 所示。若将图 4-24（a）中第二条指令（AND 00001）改为 NOP，对应的梯形图如图 4-24（b）所示，其作用相当于将◎00001 短接。当执行到该指令时，PLC 进行空操作。

3. 结束指令

结束指令（END）用于程序的结束处，如果有子程序，则 END 放在最后一个子程序后。PLC 执行到 END 指令，即认为程序到此结束，后面的程序不再执行，马上返回到程序的起始处再次执行程序。END 指令用法如图 4-25 所示。

若程序没有 END 指令，则在程序运行和查错时显示出错误信息“NO END IST”。

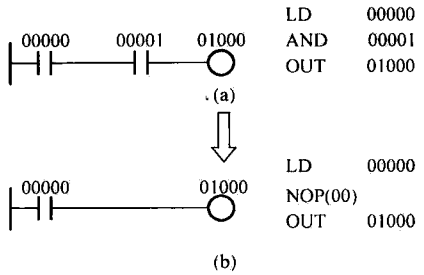


图 4-24　NOP 指令的梯形图与语句表

（a）使用 NOP 指令前；（b）使用 NOP 指令后

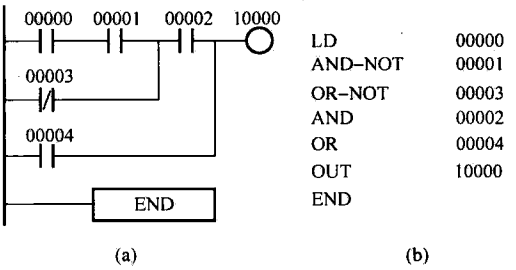


图 4-25　END 指令的梯形图与语句表

（a）梯形图；（b）指令表

在程序调试过程中，将 END 指令插入各段程序后，可把程序分为若干段，方便逐段调试程序。一段程序调试完毕，可删去 END 指令，再进行下一段程序的调试，直到程序调试完毕。

第十一章
欧姆龙 CQM1H 系列 PLC 的基本指令应用

本章主要介绍基本指令的应用，在学习时应注意以下几个方面。

1. 在 PLC 的 I/O 接线图、梯形图和指令表上添加注解说明

在不改变原有 PLC 的 I/O 接线图、梯形图和指令表的基础上，本章中每个电器元件和编程元件都添加了注解说明，以解释和说明该电器元件和编程元件的作用。因此，一般就不再介绍该电器元件和编程元件的作用。

2. 电路工作过程的描述

本章采用电路工作过程图和文字叙述（电器元件和编程元件动作顺序）相结合的方法来说明梯形图和指令表，进而说明电路的工作原理。在工作过程图中，还加有简要的文字说明。

识读 PLC 的梯形图和语句表的过程应同 PLC 扫描用户程序的过程一样，从左到右、自上而下逐线（支路）识图。在程序的执行过程中，在同一周期内，前面的逻辑运算结果影响后面的触点，即执行的程序用到前面最新的中间运算结果；但在同一周期内，后面的逻辑运算结果不影响前面的逻辑关系。该扫描周期内，除输入继电器外，所有内部继电器的最终状态（线圈得电与否、触点通断与否），将影响下一个扫描周期各触点的通断。

但值得注意的是，只有在一个扫描周期的输出刷新阶段，CPU 才将输出映像寄存器中的状态信息转存到输出锁存器中，刷新其内容，改变输出端子上的状态。然后再通过输出驱动电路驱动被控的输出设备（负载），这才是 PLC 的实际输出，是一种集中输出方式。输出设备的状态要保持一个扫描周期。

3. 编程元件在梯形图和指令表中位置的表示

梯形图中编程元件以梯级划分，在指令表中以段（或称逻辑行）划分。在指令表中，段（逻辑行）由自然行组成，并且段与梯级相对应。梯级与段用方括号“[]”表示，方括号内的阿拉伯数字表示梯形图梯级，也表示语句表中的段。

在编程元件的线圈、触点的后面加方括号“[]”，例如#00000[1]、10001[5]、◎TIM000[8]。#00000[1]表示虽然继电器 00000 的动断触点在梯形图中的第一梯级和指令表的第一段；10001[5]表示输出继电器 10001 的线圈在梯形图的第五梯级和指令表的第五段；◎TIM000[8]表示时间继电器 TIM000 的动合触点在梯形图的第八梯级和指令表的第八段。

第一节　将 TR 指令编程的电路改用 IL/ILC 指令编程的电路

在图 4-26 中，分支中的内容比较多，用 TR 指令编程时，使用的 TR 次数较多，编程麻烦，指令表见表 4-15。改成 IL/ILC 编程后，则程序简单得多，梯形图如图 4-27 所示，指令表见表 4-16。

表 4-15　　**TR 指令编程时的指令表**

指令	操作数	指令	操作数	指令	操作数
LD	00000	LD	TR0	AND	00009
IL	----	AND	00005	AND-NOT	00010
LD	00001	AND-NOT	00006	LD	TR0
AND-NOT	00002	LD	00007	AND	00012
LD	00003	OR	00008	AND	00013
OR	00004	AND-LD		OR-LD	
AND-LD		OUT	10001	AND	00011
OUT	10000	LD	TR0	OUT	10002

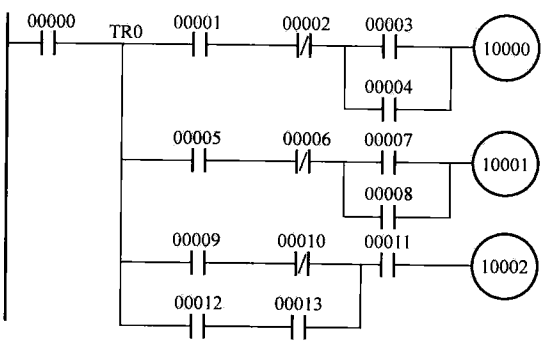


图 4-26　用 TR 指令编程的梯形图

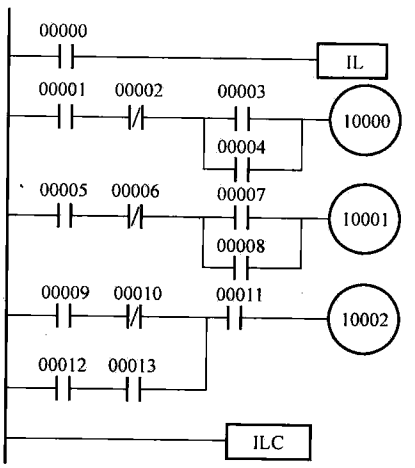


图 4-27　用 IL/ILC 指令编程的梯形图

表 4-16　　**用 IL/ILC 编程时的指令表**

指令	操作数	指令	操作数	指令	操作数
LD	00000	LD	00005	LD	00012
OUT	TR0	AND-NOT	00006	AND	00013
AND	00001	LD	00007	OR-LD	
AND-NOT	00002	OR	00008	AND	00011
LD	00003	AND-LD		OUT	10002

续表

指令	操作数	指令	操作数	指令	操作数
OR	00004	OUT	10001	ILC	—
AND-LD		LD	00009		
OUT	10000	AND-NOT	00010		

第二节　具有软互锁—硬互锁的三相异步电动机正/反转控制电路

继电器—接触器控制电路与 PLC 控制电路如图 4-28 所示，其梯形图如图 4-29 所示，其指令表见表 4-17。

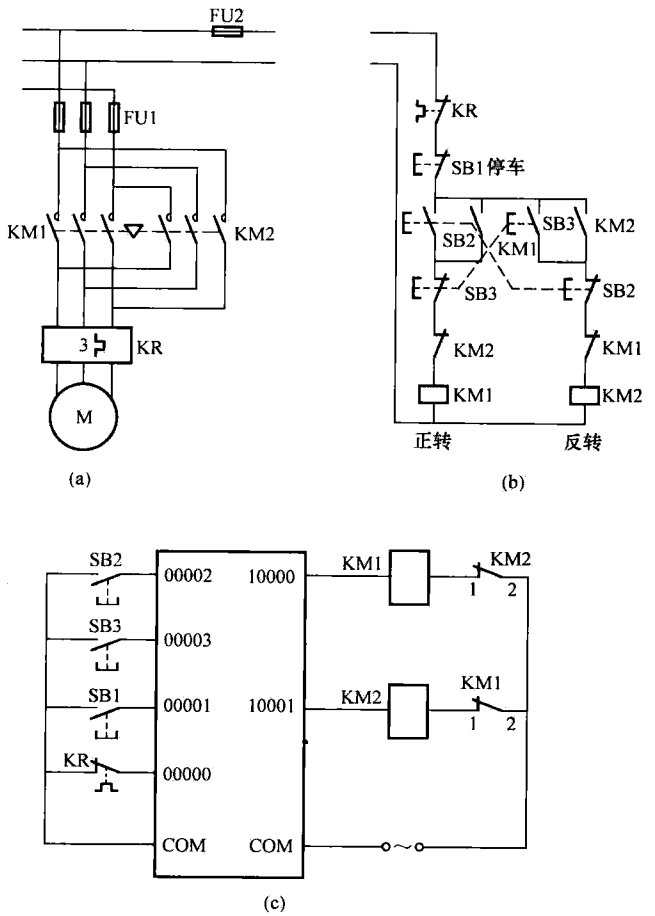


图 4-28　继电器—接触器控制电路与 PLC 控制电路

（a）主电路；（b）继电器—接触器控制电路；（c）PLC 控制电路

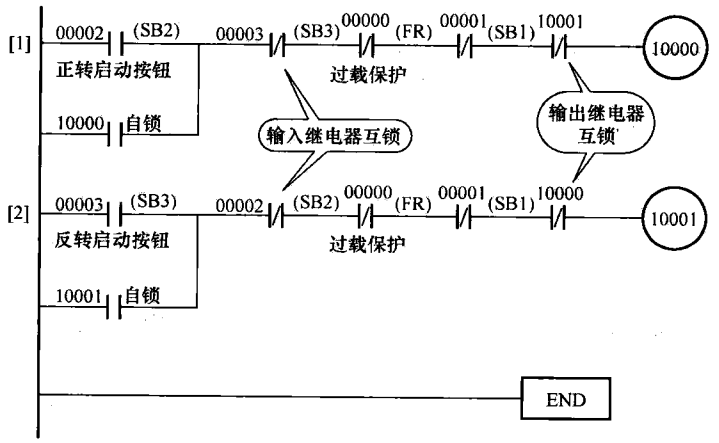


图 4-29　三相异步电动机正/反转控制电路梯形图

表 4-17　　三相异步电动机正反转控制的 PLC 指令表

段	指　令	功　能	说　　明	
1	LD　00002	正转启动	1 段开始，由◎00002（SB2）开始一条逻辑支路	正向转动控制
	OR　10000	自锁	或运算；10000 的动合触点与 00002 触点并联	
	AND-NOT 00003	输入继电器互锁	与非运算；#00003（SB3）与一个触点组串联	
	AND-NOT 00000	过载保护	与非运算；#00000（FR）与一个触点组串联	
	AND-NOT 00001	停止按钮	与非运算；#00001（SB1）与一个触点组串联	
	AND-NOT 10001	输出继电器互锁	与非运算；#10001 与一个触点组串联	
	OUT　10000	正转运行	将运算结果输出到 10000，KM1 接通，电动机正转	
2	LD　00003	反转启动	2 段开始，由◎00003（SB3）开始一条逻辑支路	反向转动控制
	OR　10001	自锁	或运算；10001 的动合触点与 00003 触点并联	
	AND-NOT 00002	输入继电器互锁	与非运算；#00002（SB2）与一个触点组串联	
	AND-NOT 00000	过载保护	与非运算；#00000（FR）与一个触点组串联	
	AND-NOT 00001	停止按钮	与非运算；#00001（SB1）与一个触点组串联	
	AND-NOT 10000	输出继电器互锁	与非运算；#10000 与一个触点组串联	
	OUT　10001	反转运行	将运算结果输出到 10001，KM2 接通，电动机反转	
	END	程序结束	运行结束	

在梯形图中，将 10000、10001 的动断触点分别与对方的线圈串联，可以保证 10000、10001 不同时为 ON，称为输出继电器互锁。除此之外，为了方便操作和保证 10000、10001 为 ON，在梯形图中还设置了“输入继电器互锁”，即将反转启动按钮的#00003 与控制正转的 10000 线圈串联；将正转启动按钮的#00002 与控制反转的 10001 线圈串联。设 10000 为 ON，电动机正转，这时如果想改为反转运行，可以不按停止按钮 SB1，直接按反转按钮 SB3，00003 变为 ON，其动断触点断开，使 10000 线圈失电，同时 00003 的动合触点接通，使 10001 线圈得电，电动机由正转变为反转。

注意：在梯形图中的输入继电器互锁和输出继电器互锁电路只能保证输出模块中与 10000

和 10001 对应的硬件继电器的动合触点不会同时接通，但在外部硬件输出电路中还必须使用 KM1 和 KM2 的动断触点进行互锁。因为 PLC 内部软继电器互锁只相差一个扫描周期，而外部硬件接触器触点的断开时间要大于一个扫描周期，来不及响应。例如，10000 虽然失电，可能 KM1 的主触点还未断开，在没有外部硬件互锁的情况下，KM2 的主触点可能已经接通，引起主电路短路，因此必须采取软硬件同时双重互锁。

采用双重互锁，同时也避免了由于切换过程中电感的延时作用，可能会出现一个接触器还未息弧，另一个却已经合上的现象，从而造成瞬间短路故障；或由于接触器 KM1 和 KM2 的主触点熔焊引起电动机主电路短路。

根据与弹性体左母线连接的◎00002、◎00003 或指令表中以 LD 00002、LD 00003 开始的一条逻辑支路，直至将运算结果送至输出继电器 10000、10001 输出，将梯形图或指令表分成两段，这样就很容易识读。下面分析其电路工作过程。

（1）正转启动。电器元件和编程元件的动作顺序如下。

按下“正转启动”按钮 SB2，输入继电器 00002 得电，#00002[2]断开，断开反转控制电路，输出继电器 10001 失电（输入软互锁）；◎00002[1]闭合，输出继电器 10000 得电，◎10000[1]闭合自锁；#10000[2]断开反转控制电路，输出继电器 10001 失电（输出软互锁）；输出继电器 10000 得电内部硬触点闭合，KM1 得电吸合，KM1 主触点闭合，电动机 M 正向启动运行；KM1（1-2）断开，使 KM2 不得电，硬互锁。

松开 SB2，◎00002[1]断开，但由于◎10000[1]已闭合，使 10000 继续保持得电状态；#00002[2]复位闭合，为反转转换准备。

（2）反转启动。若需要电动机 M 反转，可以直接按下“反转启动”按钮 SB3，接触器 KM1 先失电，接触器 KM2 后得电。电器元件和编程元件的动作顺序如下。

按下“反转启动”按钮 SB3，输入继电器 00003 得电，# 00003[1]断开，断开正转控制电路，输出继电器 10000 失电（输入软互锁），输出继电器 10000 内部硬触点断开，KM1 失电释放，KM1 主触点断开，电动机正转电源断开，正转停止；KM1（1-2）闭合，为反转转换准备。◎10000[1]断开，解除自锁；#10000 复位闭合，为反转转换准备；◎00003[2]闭合，输出继电器 10001 得电，◎10001[2]闭合自锁；# 10001[1]断开，断开正转控制电路，输出继电器 10000 失电（输出软互锁）；输出继电器 10001 得电内部硬触点闭合，KM2 得电吸合，KM2 主触点闭合，电动机 M 反向启动运行；KM2（1-2）断开，使 KM1 不得电，硬互锁。

松开 SB3，◎00003[2]断开，但由于◎10001[2]已闭合，使 10001 继续保持得电状态；#00003[1]复位闭合，为正转转换准备。可以以此往复。

（3）停止。按下“停止”按钮 SB1 或过载保护（FR）动作，通过 PLC 输入端子使输入继电器 00001 和 00000 得电，#00001 和#00000 断开，如此都可以使输出继电器 10001 或 10000 失电，进而使 KM1 或 KM2 失电释放，电动机停止运行。

第三节　三相异步电动机Y—Δ减压启动控制电路

1. 控制电路与配置表

继电器—接触器控制电路与 PLC 控制电路如图 4-30 所示。输入/输出设备及 I/O 元件配

置见表 4-18。

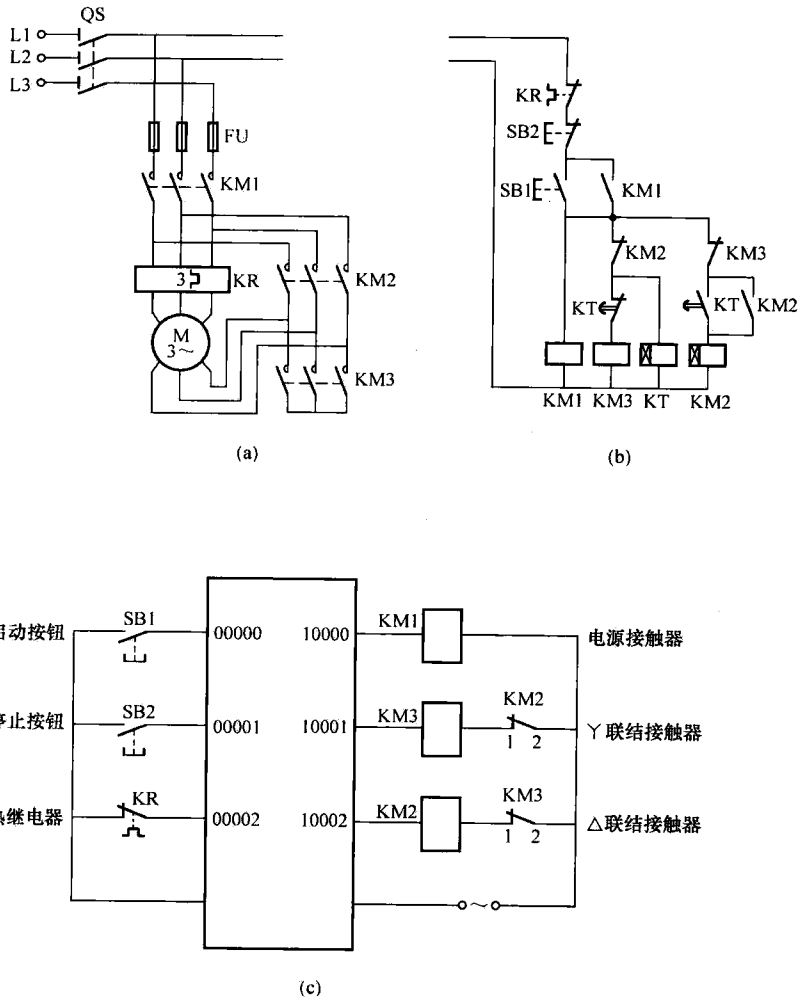


图 4-30　继电器—接触器控制电路与 PLC 控制电路

（a）主电路；（b）继电器—接触器控制电路；（c）PLC 控制电路

表 4-18　　**输入/输出设备及 I/O 元件配置**

输入设备		PLC 输入继电器	输出设备		PLC 输出继电器
代号	功能		代号	功能	
KR	热继电器	00002	KM1	电源接触器	10000
SB2	停止按钮	00001	KM2	△联接接触器	10002
SB1	启动按钮	00000	KM3	Y联接接触器	10001

2. 控制要求

当Y联接启动时，KM1、KM3 得电吸合；以△联接运行时，KM1、KM3 得电吸合。一般进行Y—△转换时，只进行 KM2→KM3 转换。转换由时间继电器控制。

3. 用暂存指令配合基本指令编程

（1）梯形图和指令表。梯形图如图 4-31 所示，指令表见表 4-19。

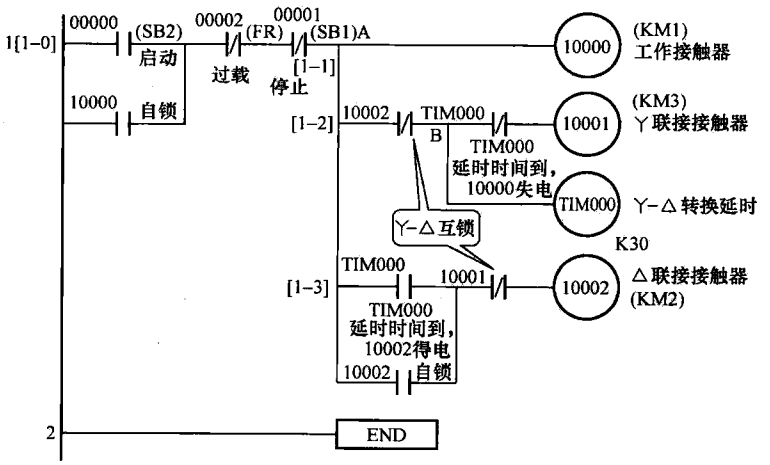


图 4-31　三相异步电动机Y—△降压启动控制梯形图（用暂存指令）

表 4-19　　**三相异步电动机 Y—△降压启动控制指令表**

段		指　令		功　能	说　　明
1	1-0	LD	00000	启动按钮	由◎00000（SB2）开始一条逻辑支路
		OR	10000	自锁	输出继电器的◎10000 与◎00001 并联
		AND-NOT	00002	过载保护	输入继电器（FR）的#00002 与前一触点串联
		AND-NOT	00001	停止按钮	输入继电器（SB1）的#00001 与前一触点串联
		OUT	TR0	暂存分支点	将 A 点运算结果暂存在 TR0
	1-1	OUT	10000	接通工作接触器	将运算结果送到输出继电器 10000
	1-2	LD	TR0	取出 TR0 的数据	从 TR0 中将 A 点运算结果读出
		LD-NOT	10002		
		OUT	TR1	暂存分支点	将 B 点运算结果暂存在 TR1
		LD-NOT	TIM000		
		OUT	10001		将运算结果送到输出继电器 10001
		LD	TR1	取出 TR1 的数据	从 TR1 中将 B 点运算结果读出
		OUT	TIM000		
			K30		
	1-3	LD	TR0	取出 TR0 的数据	从 TR0 中将 A 点运算结果读出
		LD	TIM000		
		OR	10002		
		AND-NOT	10001		

续表

段		指 令		功 能	说 明
1	1-3	OUT	10002		将运算结果送到输出继电器 10002
2			END	程序结束	

（2）电路工作过程。电器元件和编程元件的动作顺序：按下“启动”按钮 SB2，00000 得电，◎00000[1-0]闭合，10000[1-1]得电，◎10000[1-0]闭合自锁；10000 的硬触点闭合，KM1 得电主触点闭合。10001[1-2]得电，#10001[1-3]断开，使 10002 不能得电，互锁；10001 的硬触点闭合，KM3 得电主触点闭合，电动机 Y 联接启动。TIM000[1-2]得电，开始计时，TIM000 计时时间到，◎TIM000[1-3]闭合；#YIM000[1-2]断开，10001[1-2]失电，10001 硬触点断开释放，KM3 失电，电动机解除Y联接；# 10001[1-3]闭合，10002[1-3]得电，◎10002 闭合自锁；10002 的硬触点闭合，KM2 得电主触点闭合，电动机△联接运行。

第四节　三相异步电动机带变压器桥式整流能耗制动控制电路

1. 控制电路、梯形图和指令表

三相异步电动机带变压器桥式整流能耗制动控制电路图如图 4-32 所示，梯形图如图 4-33 所示，指令表见表 4-20。

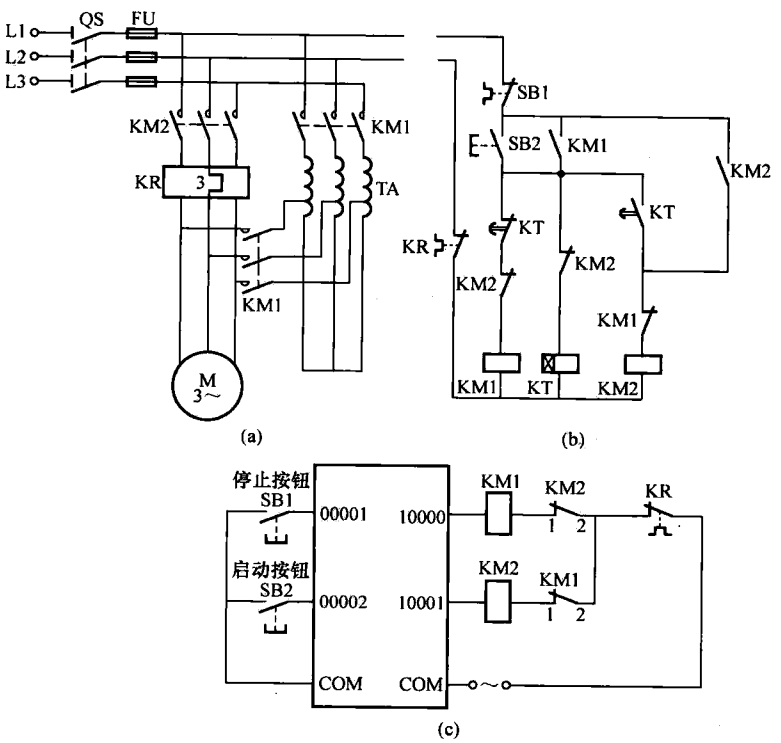


图 4-32　带变压器桥式整流能耗制动控制电路图

（a）主电路；（b）继电器—接触器控制电路；（c）PLC 控制电路

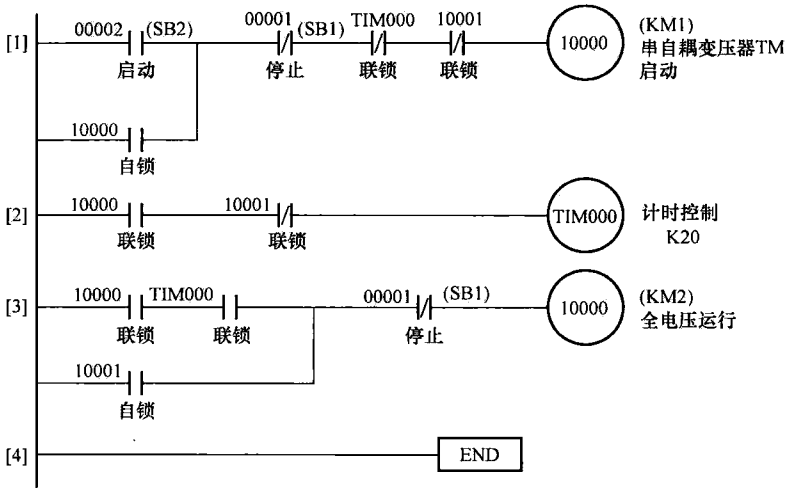


图 4-33　带变压器桥式整流能耗制动控制电路梯形图

表 4-20　　带变压器桥式整流能耗制动控制指令表

段	指　令	功　能	段	指　令	功　能
1	LD　00001	运行接触器 KM1 控制	2	LD　00000	能耗制动接触器 KM2 控制
	OR　10000			OR　10001	
	AND-NOT 00000			AND-NOT TIM000	
	AND-NOT 10001			AND-NOT 10000	
	AND-NOT 00002		3	LD　10001	制动时间控制
	OUT　10000			OUT　TIM000	
			4	END	程序结束

2. 工作过程

（1）启动。电器元件与编程元件的动作顺序：按下 SB2→输入继电器 00001 得电→◎00001 闭合→输出继电器 10000 得电→◎10000[1]闭合，自锁；# 10000[2]断开，使输出继电器 10001 不得电，互锁；KM1 得电，主触点闭合，电动机启动运行。

（2）能耗制动。电器元件与编程元件的动作顺序：按下制动按钮 SB1→输入继电器 00000 得电→#00000 断开→10000[1]失电→KM1 失电，主触点断开，电动机断电惯性运行；#10000[2]闭合，为制动准备。◎00000[2]闭合→10001[2]得电→◎10001[2]闭合，自锁；KM2 得电，主触点闭合，直流电源接入 V、W 绕组，能耗制动开始；◎10001[3]闭合，TIM000[3]得电，开始计时→当 TIM000 计时时间到→# TIM000[2]断开→10001 [2]失电→KM2 失电释放→主触点断开，能耗制动结束。

第五节　三相绕线转子异步电动机串电阻起动电路

三相绕线转子异步电动机的优点之一是转子回路可以通过集电环串电阻达到减小启动电流、提高转子功率因数和启动转矩的目的。在一般要求启动转矩较高的场合，绕线转子异步

电动机得到广泛地应用，在此，根据继电器—接触器电路，设计 PLC 控制电路。

继电器—接触器控制转子电路串电阻启动控制电路如图 4-34 所示。

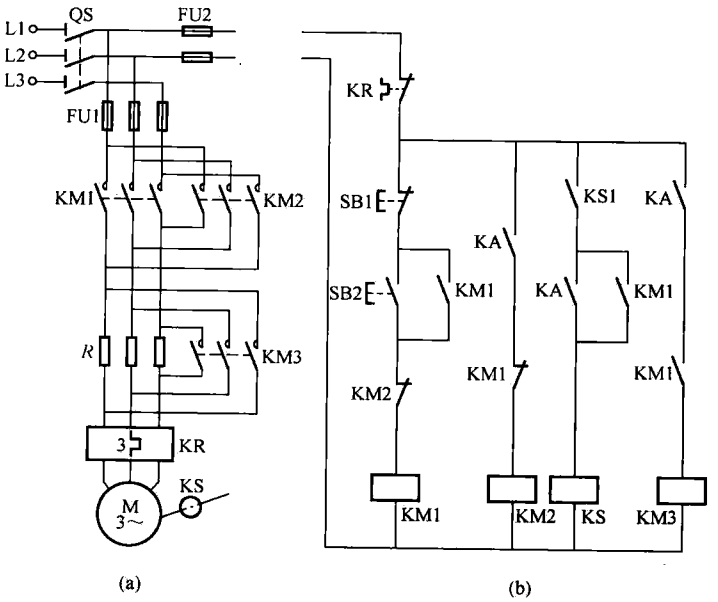


图 4-34　继电器—接触器控制转子电路串电阻起动控制电路

1. 控制要求

从图 4-34 可知，启动过程中有 3 节电阻 R1、R2、R3 分别通过延时经 KM2、KM3、KM4 依次被短接。在继电器—接触器控制中使用了 3 个得电延时时间继电器。

（1）初始状态。电动机处于停止状态，KM1～KM4 都处于失电状态；SB1 接动断触点，SB2 接动合触点。

（2）启动操作。按下启动按钮 SB2，KM1 得电，电阻 R1、R2、R3 分别串接在转子绕组中，然后按照延时时间 t_1、t_2、t_3 的要求，分别依次把 R1、R2、R3 切除，完成启动。

（3）在启动前要求保证电阻 R1、R2、R3 一定要串接在电动机的转子电路中。

2. PLC 的 I/O 分配确定

根据控制要求可知，SB1、SB2 分别为停止、启动按钮，接 PLC 的输入端；KM1～KM4 为电源接触器、短接启动电阻接触器，接 PLC 的输出端。PLC 的 I/O 分配见表 4-21。

表 4-21　　PLC 的 I/O 分配

输入设备		PLC 输入继电器	输出设备		PLC 输出继电器
代号	作　用		代号	作　用	
SB1	停止按钮	00001	KM1	定子绕组主接触器	10001
SB2	启动按钮	00002	KM2	切断第一节启动电阻	10002
			KM3	切断第二节启动电阻	10003
			KM4	切断第三节启动电阻	10004

3. PLC 的 I/O 接线图

根据控制要求及 I/O 分配，可画出 I/O 接线图如图 4-35 所示。

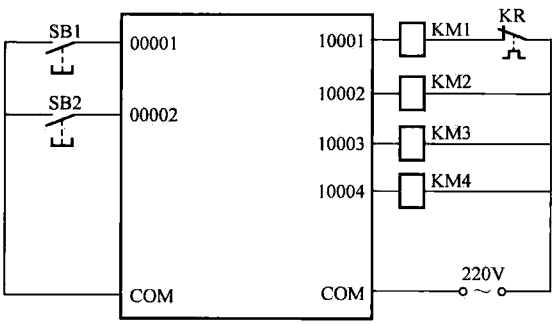


图 4-35　PLC 的 I/O 接线图

4. PLC 梯形图

根据控制要求中的启动操作可知，要在启动过程中依次切除电阻，则必须在按下启动按钮后，依次启动 3 个时间继电器 KT1、KT2、KT3。

根据控制要求中的第三条，如果在启动中出现意外情况（如接触器无法返回），R1、R2、R3 没有接入启动电路，则无法使电动机启动。为此采用了将 10002、10003、10004 的动断触点串接在电动机的主控接触器是 10001 线圈的电路中。当升级启动后，用◎10001 将之短接。

在完善控制电路时，考虑了在运动中尽量减少运行元件，采用了#10002、#10003、#10004 分别去断开 TIM001、TIM002、TIM003 线圈，这样就可以得到如图 4-36 所示的梯形图。

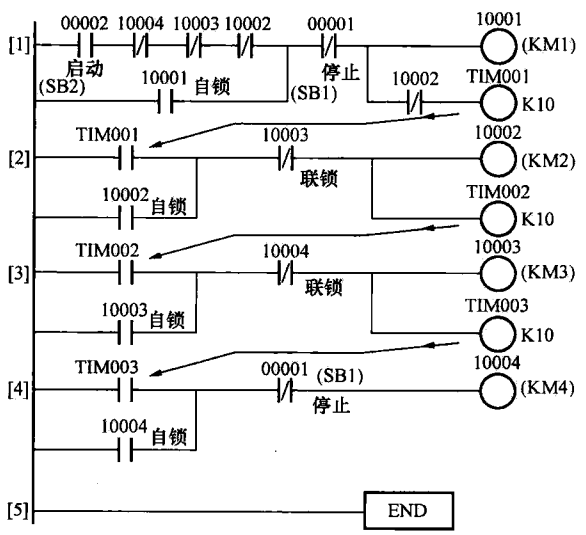


图 4-36　三相绕线转子异步电动机串电阻启动控制 PLC 梯形图

5. 指令表

三相绕线转子异步电动机串电阻启动 PLC 指令表见表 4-22。

表 4-22　　三相绕线转子异步电动机串电阻启动 PLC 指令表

段	指　令		功能	段	指　令		功能
1	LD	00002	串电阻启动	2	OUT	10002	短接启动电阻 R1
	AND-NOT	10004			OUT	TIM 002 K10	
	AND-NOT	10003		3	LD	TIM002	短接启动电阻 R2
	AND-NOT	10002			OR	10003	
	OR	10001			AND-NOT	10004	
	AND-NOT	00001			OUT	10003	
	OUT	TR0			OUT	TIM003 K10	
	OUT	10001		4	LD	TIM003	短接启动电阻 R3
	LD	TR0			OR	10004	
	AND-NOT	10002			AND-NOT	00001	
	OUT	TIM001 K10			OUT	10004	
2	LD	TIM001	短接启动电阻 R1	5	END		程序结束
	OR	10002					
	AND-NOT	10003					

6. 电路工作过程

三相绕线转子异步电动机串电阻电路工作过程如下。

（1）启动。电器元件与编程元件动作顺序：按下启动按钮 SB2→输入继电器 00002 得电→◎00002[1]闭合→输出继电器 10001[1]得电，KM1 得电吸合，主触点闭合，电动机串接 R1、R2、R3 启动；◎10001 闭合自锁。TIM001[1]得电，开始计时→TIM001 计时时间到→◎TIM001[2]闭合→10002[2]得电→◎10002[2]闭合自锁；#10002[1]断开→TIM001 失电释放；KM2 得电吸合→主触点闭合，短接起动电阻 R1。TIM002[2]得电，开始计时→TIM002 计时时间到→◎TIM002[3]闭合→10003 [3]得电→◎10003[3]闭合自锁；#10003[2]断开→10002 [2]失电、TIM002[2]失电释放；KM3 得电吸合→主触点闭合，短接启动电阻 R2。TIM003[3]得电，开始计时→TIM003 计时时间到→◎TIM003[4]闭合→10004[4]得电→◎10004[4]闭合自锁；#10004[3]断开→10003[3]失电、TIM003[3]失电释放；KM4 得电吸合→主触点闭合，短接启动电阻 R3。

（2）停止。电器元件与编程元件动作顺序：按下 SB1→输入继电器 00001 得电→#00001[1]断开，10001[1]失电，KM1 失电释放；#00001[4]断开，10004[4]失电，KM4 失电释放→电动机停止运行。

第六节　两台电动机顺序延时启动、逆序延时停止控制电路

该电路能实现先启动 M1、后启动 M2，先停止 M2、后停止 M1 的两台电动机实现启动、逆序停止的控制要求。

1. PLC 的 I/O 接线、梯形图和指令表

PLC 的 I/O 接线图、梯形图如图 4-37 所示，指令表见表 4-23。

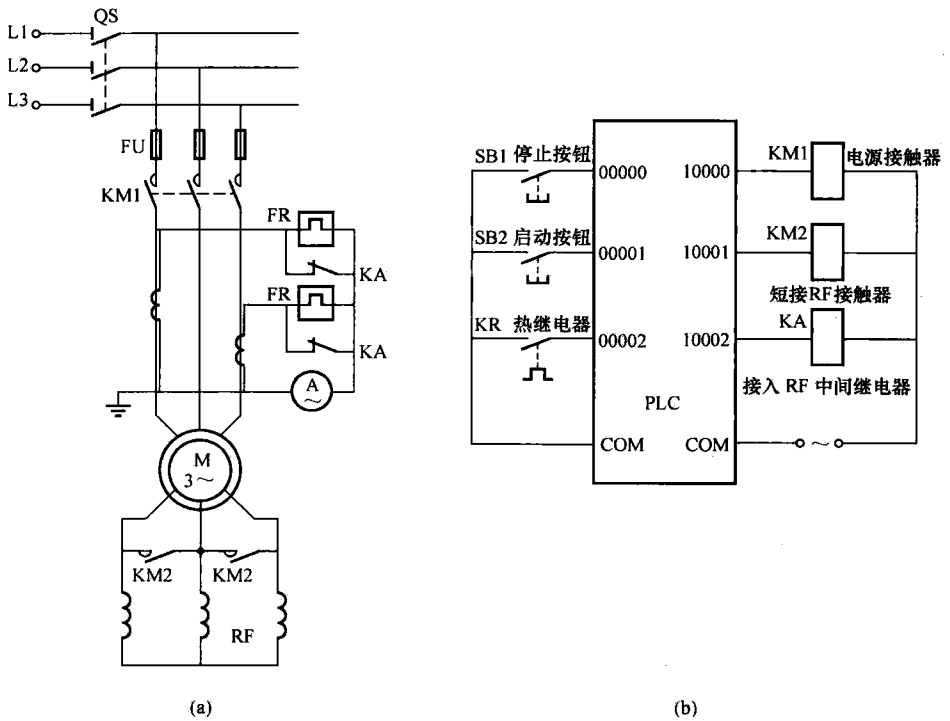


图 4-37　两台电动机顺序延时启动、逆序延时停止控制电路 PLC 的 I/O 接线图、梯形图

（a）I/O 接线图；（b）梯形图

表 4-23　　两台电动机顺序延时启动、逆序延时停止 PLC 控制的指令表

段	指　令		功　能	段	指　令		功　能
1	LD	00002	启动电动机 M1 和接通延时启动 M2 的时间继电器	3	LD	00001	接通停机记忆辅助继电器
	OR	10001			OR	01600	
	AND-NOT	TIM002			AND-NOT	TIM002	
	OUT	10001			OUT	01600	
	OUT	TIM001 K50		4	LD	01600	接通延时断开电动机 M2 的时间继电器
2	LD	TIM001	延时启动电动机 M2		OUT	TIM001 K50	
	AND-NOT	01600		5	END		程序结束
	OUT	10002					

2. 电路工作过程

两台电动机顺序延时启动、逆序延时停止控制电路工作过程如下。

（1）启动过程。电器元件与编程元件的动作顺序：按下“启动”按钮 SB2→输入继电器 00002 得电→◎00002 闭合→输出继电器 10001[1]得电→◎10001[1]闭合自锁；KM1 得电吸合，主触点闭合，电动机 M1 启动运行。TIM001[1]得电，开始计时→计时时间到，◎TIM001[2]闭合→输出继电器 10002[2]→KM2 得电吸合，主触点闭合，电动机 M2 启动运行。

（2）制动过程。电器元件与编程元件的动作顺序：按下“停止”按钮 SB1→输入继电器

00001 得电→◎00001[3]闭合→01600[3]得电→◎01600[3]闭合自锁；#01600[2]断开，10002失电，KM2 失电释放，主触点断开，电动机 KM2 停止运行；◎01600[4]闭合，TIM002[4]得电，开始计时，当其计时时间到→#TIM002[3]断开→01600[3]得电；#TIM002[1]断开→10001[1]失电，电动机 M1 停止运行；TIM001[1]失电。

第七节　水塔供水系统的 PLC 控制

某高层住宅屋顶上设有 4.2m 高的生活水箱，由设在地下备层的两台水泵为其供水。水箱正常水位变化为 3.5m，由安装在水箱内上、下液位开关 SL1 和 SL2 分别对水箱的上限水位和下限水位进行控制。

1. 控制要求

（1）两台电动机均采用Y—△降压启动。

（2）设有手动/自动方式转换开关 ST。

在手动方式时（触点 ST2 变化，ST1 断开），可由操作者分别启动每台水泵，水泵之间不进行联动。

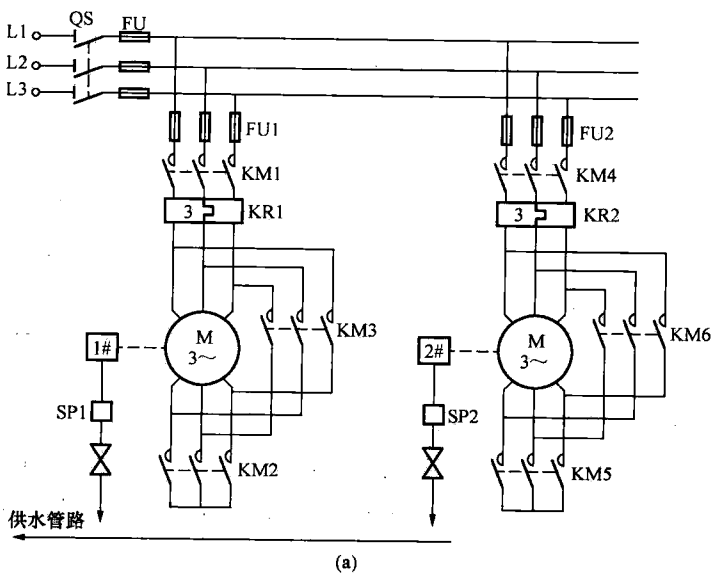
在自动方式时，由上、下液位开关 SL1 和 SL2 对水泵的启、停自动控制，且启动时要联动。

（3）两台水泵互为备用，在正常情况下要求一备一用，当运行中任意一台机组出现故障，备用机组应立即投入运行。为了防止备用泵长期闲置而锈蚀，要求备用机组可在操作台上用按钮任意切换。

（4）在控制台上有两台水泵的备用状态运行、故障指示及上、下液位指示。

2. 控制电路、输入/输出设备与 I/O 配置、梯形图

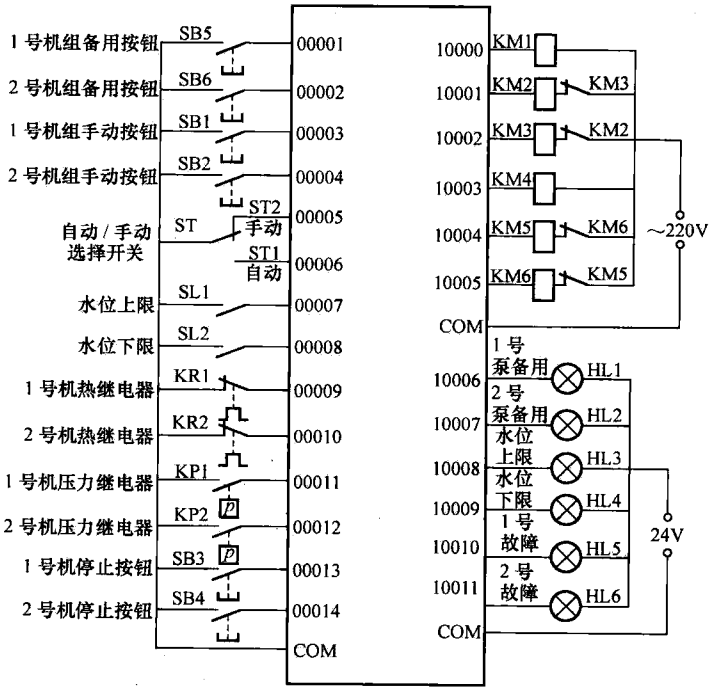
水塔供水系统的 PLC 控制电路如图 4-38 所示，输入/输出设备与 I/O 配置见表 4-24，梯形图如图 4-39 所示。



(a)

图 4-38　水塔供水系统的 PLC 控制（一）

（a）主电路



(b)

图 4-38　水塔供水系统的 PLC 控制（二）

（b）PLC 的 I/O 接线

表 4-24　　水塔供水系统的 PLC 控制输入/输出设备与 I/O 配置

输入设备		PLC 输入继电器	输出设备		PLC 输出继电器
代号	功　能		代号	功　能	
SB5	选择 1 号机组备用按钮	00001	KM1	1 号电动机电源接触器	10001
SB6	选择 2 号机组备用按钮	00002	KM2	1 号电动机 Y 联接接触器	10002
SB1	1 号机组手动启动按钮	00003	KM3	1 号电动机△联接接触器	10003
SB2	2 号机组手动启动按钮	00004	KM4	2 号电动机电源接触器	10004
SA2	选择手动工作方式	00005	KM5	2 号电动机 Y 联接接触器	10005
SA1	选择自动工作方式	00006	KM6	2 号电动机△联接接触器	10006
SL1	水位上限触点	00007	HL1	1 号泵备用指示	10007
SL2	水位下限触点	00008	HL2	2 号泵备用指示	10008
FR1	1 号电动机热继电器	00009	HL3	水位上限报警	10009
FR2	2 号电动机热继电器	00010	HL4	水位下限报警	10010
KP1	1 号水泵压力继电器	00011	HL5	1 号机组故障指示	10011
KP2	2 号水泵压力继电器	00012	HL6	2 号机组故障指示	
SB3	1 号机组停止按钮	00013			
SB4	2 号机组停止按钮	00014			

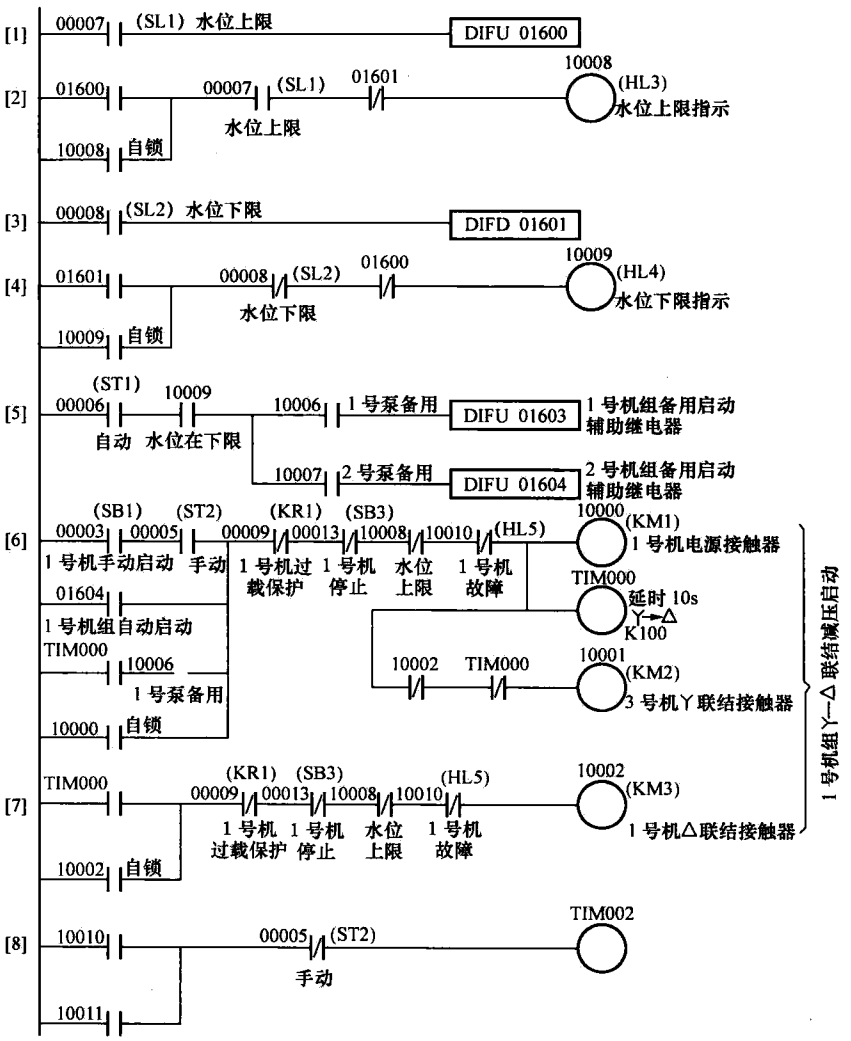


图 4-39　水塔供水系统的 PLC 控制梯形图

3. 电路工作过程

（1）备用泵选择[11、12]。若选择 2 号泵为备用泵，按下 2 号泵备用按钮 SB6→输入继电器 00002 得电→◎00002 [12]闭合→10007[12]得电→HL2 灯亮，指示 2 号泵备用；◎10007[5]闭合，为启动 2 号泵作准备；# 10007 [11]断开，10006[11]失电，清除 1 号泵以前的备用记忆，互锁。

（2）上、下液位指示。安装在水箱上的水位上、下限位开关 SL1、SL2 均为动合型。当水位上升到上限位置，SL1 闭合→输入继电器 00007 得电→◎00007[1、2]闭合，在◎00007[1]的前沿产生一个扫描周期的脉冲信号◎01600 [2]→10008 得电并自锁，使 HL3 得电，发出上限水位指示。同时#10008[6、7]或 10008[9、10]断开，10000[6]、10002[7]或 10003[9]、10005[10]失电，使 KM1、KM3 或 KM4、KM6 失电，使电动机停止。若水位下降至下限位置，SL2 断开→输入继电器 00008 失电→00008[3]断开，其下降沿产生 1 个扫描周期的脉冲信号◎01601[4]，使 10009[4]得电并自锁，发出下限水位指示，同时◎10009[5]闭合（◎10007[5]

已闭合），启动备用水泵。

（3）机组的手动控制。以 1 号机组为例，其梯形图如图 4-39 中的梯级[6～8]。

根据控制要求，手动工作方式不进行联动。选择手动工作方式时：ST2 闭合→输入继电器 00005 得电→◎00005[6]闭合，为手动启动 1 号机组作准备；◎00005[9]闭合，为手动启动 2 号机组作准备；# 00005[8]断开，使 TIM002[8]不得电，切除了各电动机的联动关系。

启动：按下“启动”按钮 SB1→输入继电器 00003 得电→◎0003[6]闭合→10000[6]得电并自锁，KM1 得电，1 号机接通电源；10001[6]得电，KM2 得电 1 号电动机 Y 联接，减压启动；TIM000[6]得电，开始计时，当其计时时间到→# TIM000[6]断开，10001[6]失电，KM2 失电，1 号电动机解除Y连接；◎TIM000[7]闭合，10002[7]得电并自锁，KM3 得电，1 号电动机△连接运行。

制动：按下“停止”按钮 SB3，输入继电器 00013 得电→# 00013[6]断开，10000[6]失电，KM1 失电；# 00013[7]断开，10002[7]失电，KM3 失电，1 号机停止运行。

高水位停机：当水位上升到最高水位时，SL1 闭合→输入继电器 00007 得电→◎00007[1、2]闭合→01600[1]得电 1 个扫描周期，◎01600[2]闭合 1 个扫描周期；10008[2]得电并自锁→# 10008 [6]断开，KM1 失电；#10008[7]断开，KM3 失电，1 号机停止运行。

（4）机组的自动控制。在自动模式下，触点 ST1 闭合，ST2 断开，输入继电器 00006 得电→◎0006[5]闭合；若选 2 号机备用，按下 SB6→输入继电器 00002 得电→◎00002[12]闭合，则 10007[12]得电并自锁→◎10007[5]闭合，为启动 2 号备用机组作准备；若水位下降到下限时，SL2 断开→输入继电器 00008 失电→◎00008[3]断开，其下降沿通过 DIFU01601 指令，使 01600[3]得电 1 个扫描周期→◎01601[4]闭合 1 个扫描周期→10009[4]得电并自锁→◎10009[5]闭合其上升沿通过 DIFU01604 指令，使 01604[5]得电 1 个扫描周期，◎01604[6]也闭合 1 个扫描周期→10000[6]得电吸合并自锁，TIM000[6]、10001[6]也得电，1 号机 Y 联接启动，以下控制过程同手动。

（5）工作电动机故障，备用电动机启动。

1）故障检测。对机组的两种故障进行检测：①机组进行正常运行（10000[6]与 10002[7]得电，或 10003[9]与 10005[10]得电），但出水压力仍很低，KP1 或 KP2 断开，使输入继电器 00011、00012 失电，使# 00011[13]或 00012[14]闭合；②电动机过载，输入继电器 00009、00010 得电，使◎00009 [13]、◎00010[14]闭合。当上述两个条件之一出现时，使 10010[13]或 10011[14]得电，使 HL5 或 HL6 点亮，发出 1 号或 2 号机组故障指示。

2）备用机组投用。设 1 号机组为工作机组，2 号机组为备用机组。若 1 号机组出现故障，则 10010[13]得电→#10010[6]断开，10000[6]失电，KM 失电；# 10010[7]断开，10002[7]失电，KM3 失电，1 号机停止运行；◎10010[15]闭合→01605 [15]得电→◎01605[16]闭合→◎016005 的上升沿，通过指令 DIFD01606，使◎01606[16]得电 1 个扫描周期→# 01606[12]断开 1 个扫描周期→10007[12]失电，解除 2 号机组备用状态→#10007 [9]复位闭合；10010[8]闭合→TIN002[8]得电，开始计时，当计时时间到→◎TIM002[9]闭合→10003[9]得电并自锁，TIM001、10004[9]也得电，然后 10004 失电、10005[10]得电，这样 2 号机组正常运行，即备用机组实现了自动投入运行。

第八节　一处卸料的运料小车的自动往复控制

1. 电路、梯形图、指令表、输入/输出设备及 PLC 的 I/O 配置

运料小车自动往复控制电路图如图 4-40 所示，输入/输出设备及 PLC 的 I/O 配置见表 4-25，梯形图如图 4-41 所示，指令表见表 4-26。

2. 控制要求

运料小车启动后，首先右行，到限位开关 SQ1 处，停下来装料，30s 后装料结束，小车开始左行；小车左行至限位开关 SQ2 处，停下来卸料，1min 后卸料结束，再右行；右行至限位开关 SQ1 处再装料。这样不停地循环工作，直至按下“停止”按钮。

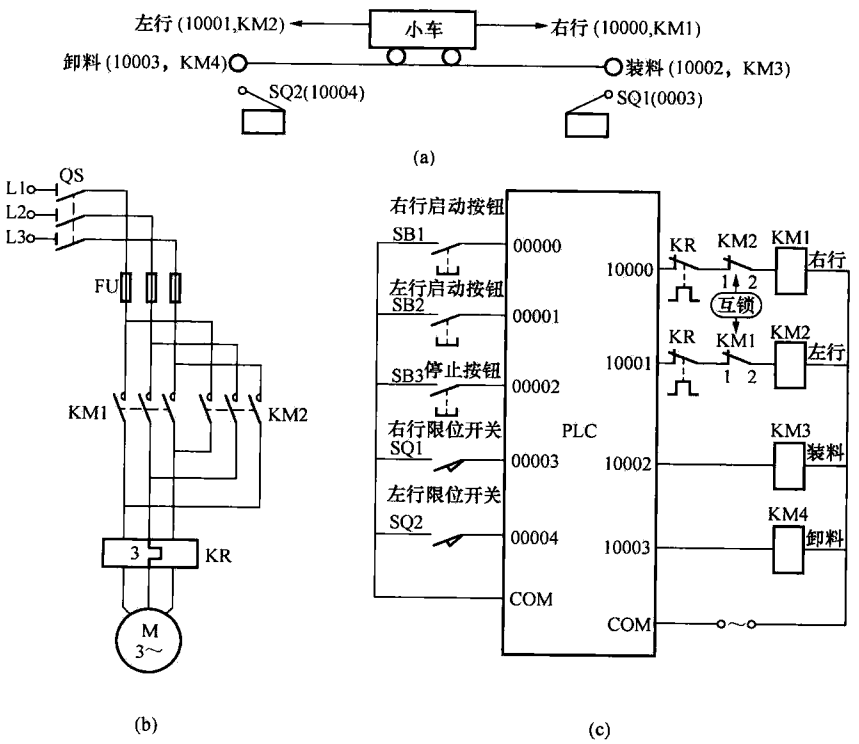


图 4-40　运料小车自动往复控制

（a）小车运行示意图；（b）电路图；（c）PLC 控制电路

表 4-25　　**输入/输出设备及 PLC 的 I/O 配置**

输入设备		PLC 输入继电器	输出设备		PLC 输出继电器
代号	功　能		代号	功　能	
SB1	手动右行启动按钮	00000	KM1	小车右行	10000
SB2	手动左行启动按钮	00001	KM2	小车左行	10001
SB3	停止按钮	00002	KM3	装料	10002
SQ1	右行到位限位开关	00003	KM4	卸料	10003
SQ2	左行到位限位开关	00004			

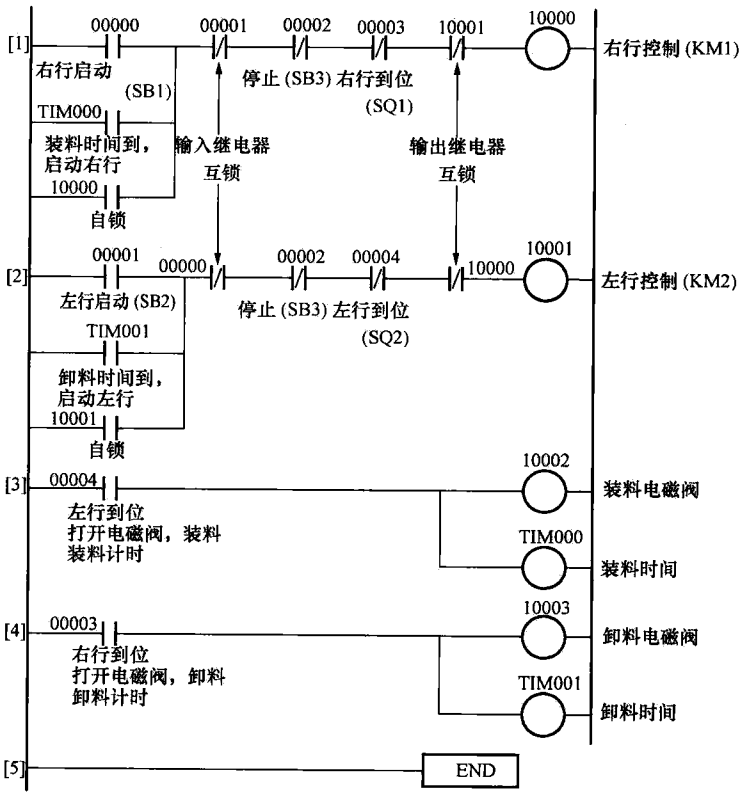


图 4-41　一处卸料的运料小车的自动往复控制 PLC 梯形图

表 4-26　　**运料小车自动往复控制指令表**

段	指　令		功能说明	段	指　令		功能说明
1	LD	00000	小车右行控制	3	LD	00004	小车装料及装料时间控制
	OR	TIM000			OUT	10002	
	OR	10000			OUT	TIM000 K10	
	AND-NOT	00001		4	LD	00003	小车卸料及卸料时间控制
	AND-NOT	00002			OUT	10003	
	AND-NOT	00003			OUT	TIM001 K15	
	AND-NOT	10001					
	OUT	10000					
2	LD	00001	小车左行控制	5	END		程序结束
	OR	TIM001					
	OR	10001					
	AND-NOT	00000					
	AND-NOT	00002					
	AND-NOT	00004					
	AND-NOT	10000					
	OUT	10001					

3. *归纳总结*

使用定时器 TIM000 和 TIM001 分别完成装料和卸料的计时。

为了能使小车自动启动，将控制装料、卸料计时的计时器 TIM000 和 TIM001 的延时闭合的动合触点分别与手动启动的右行和左行按钮 SB1、SB2 控制的右行、左行输入继电器 00000、00001 的动合触点并联。

用两个到位限位开关 SQ1、SQ2 控制的输入继电器 00003、00004 的动合触点分别控制装料、卸料电磁阀及其定时器。

为了使小车能够自动停止，将停止按钮 SB3 控制的输入继电器 00002 的动断触点分别串入 10000 和 10001 的线圈回路。

4. 电路工作过程

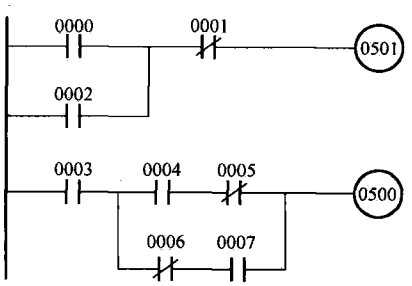
（1）小车右行电路工作过程。电器元件和编程元件动作顺序：按下 SB1→输入继电器 00000 得电→◎00000 [1]闭合→10000[1]得电→◎10000[1]闭合自锁；# 10000[2]断开，使 10001 不能得电，KM2 不能得电，小车不能左行，实现软互锁；10000 内部硬触点闭合，KM1 得电吸合→KM1[1-2]断开，KM2 不能得电，小车不能左行，实现硬互锁；KM1 主触点闭合，小车右行→小车右行到位，碰压右行到位限位开关 SQ1，SQ1 闭合→输入继电器 00003 得电→#00003 [1]断开→10000 失电→#10000[2]复位闭合，为 10001 得电准备；KM1 失电，小车停止右行，KM1[1-2]复位闭合，为 KM2 得电准备；◎00003[4]闭合→10003[4]得电，10003 内部硬触点闭合，KM4 得电，主触点闭合，打开电磁阀开始卸料；TIM001[4]得电，开始卸料计时，当计时时间到→◎TIM001[2]闭合→10001[2]得电。

（2）小车左行电路工作过程。电器元件和编程元件动作顺序：10001[2]得电→◎10001[2]闭合自锁；#10001[1]断开，使 10000 不能得电，KM1 不能得电，小车不能右行，实现软互锁；10001 内部硬触点闭合，KM2 得电吸合→KM2[1-2]断开，KM1 不能得电，小车不能右行，实现硬互锁；KM2 主触点闭合，小车左行→小车左行到位，碰压左行到位限位开关 SQ2，SQ2 闭合→输入继电器 00004 得电→#00004 [2]断开→10001 失电→#10001[1]复位闭合，为 10000 得电准备；KM2 失电，小车停止左行，KM2[1-2]复位闭合，为 KM1 得电准备；◎00004[3]闭合→10002[3]得电，10002 内部硬触点闭合，KM3 得电，主触点闭合，打开电磁阀开始装料；TIM000[3]得电，开始装料计时，当计时时间到→◎TIM000[1]闭合→10000[1]得电，开始下一个循环。

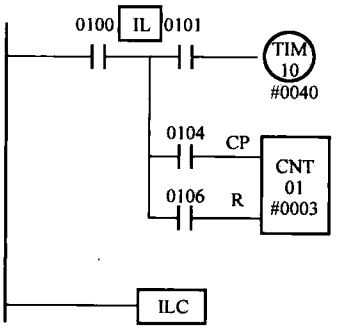


思考题四

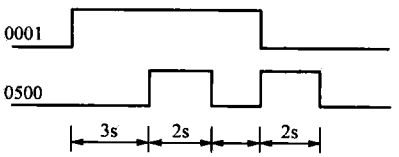
1. 欧姆龙 CQM1H 系列 PLC 有哪些基本逻辑元件，它们是如何编号的？
2. 写出下图所示的梯形图对应的指令程序。



3．分析下列梯形图并写出其指令表。



4．根据下列时序图，设计出其梯形图程序。



参 考 文 献

[1] 殷建国. 可编程序控制器及其应用 [M]. 北京：机械工业出版社，2006.
[2] 肖宝兴. 西门子 S7-200 PLC 的使用经验与技巧 [M]. 北京：机械工业出版社，2011.
[3] 郑凤翼. 图解欧姆龙 PLC 入门 [M]. 北京：机械工业出版社，2011.
[4] 王兆义. 小型可编程控制器实用技术 [M]. 北京：机械工业出版社，2007.
[5] 弭洪涛. PLC 应用技术 [M]. 北京：中国电力出版社，2004.
[6] 何衍庆. 可编程序控制器原理及应用技巧 [M]. 北京：化学工业出版社，2003.
[7] 蔡行健. 深入浅出西门子 S7-200 PLC [M]. 北京：北京航空航天大学出版社，2003.
[8] 廖常初. PLC 应用技术问答 [M]. 北京：机械工业出版社，2006.
[9] 江汉秀. 可编程序控制器原理及应用 [M]. 西安：西安电子科技大学出版社，2000.